

Verteilung und Bindungsverhalten ausgewählter Schwermetalle in Auenböden der Oker und Ecker (Harzvorland)

Von der Gemeinsamen Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina
zu Braunschweig
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Naturwissenschaften
(Dr. rer. nat.)

genehmigte
Dissertation

1. Referent: Prof. Dr. W. Zachmann
2. Referent: Prof. Dr. J. Wolff
eingereicht am: 16. Februar 2004
mündliche Prüfung (Disputation) am: 7. Mai 2004
Druckjahr: 2004

Danksagung

Die vorliegende Arbeit kam auf Anregung von Herrn Prof. Dr. D. Zachmann zustande. Er begleitete ihren Fortgang nicht nur durch stetes Interesse sondern auch durch viele hilfreiche Diskussionen und Ratschläge. Für seine Geduld und seine langjährige Unterstützung sei ihm an erster Stelle herzlich gedankt.

Das Koreferat übernahm Herr Prof. Dr. J. Wolff. Ihm danke ich für seine fachlichen Beiträge und sein persönliches Engagement, die zum Gelingen der Arbeit beitrugen.

Ein großer Dank auch für die mir gewährte Unterstützung bei den Gelände- und Laborarbeiten:

Die Herren Dipl.-Geol. V. Otto-Küstner und K. Engelbach unterstützten mich bei der Probenahme und den Geländearbeiten vor Ort, mit Herrn Dipl.-Geogr. W. Brandtner wurden die Bodenprofile diskutiert.

Frau R. Löhr und Frau S. Scheffler führten einen Teil der analytischen Arbeiten (sequentielle Elution), Herr O. Ewald röntgendiffraktometrische Arbeiten (Tonmineralogie) durch.

Frau Dipl.-Geol. H. Müller, Frau Dipl.-Geol. K. Naumann und Frau Dr. U. Lampe halfen mir bei der Auswertung der Röntgendiffraktogramme.

Zur Darstellung der geochemischen Verteilungsmuster konnte ich Software verwenden, die von Herrn A. Reuter eigens für diese Arbeit konzipiert wurde, auch unterstützte er mich tatkräftig bei der Fertigstellung dieser Arbeit.

Herrn Dipl.-Geol. K. Engelbach danke ich für die kritische Durchsicht des Manuskriptes. Er gab mir Hinweise, den vorliegenden Text allgemein verständlich zu gestalten.

Nicht namentlich genannt, dennoch für das Gelingen der Arbeit unverzichtbar ist Hilfe, die mir Kollegen in Form von Beiträgen und Zuarbeiten leisteten.

Bedanken möchte ich mich bei meiner Frau Angelika und meinen Töchtern Christine und Ann-Katrin für ihre Geduld und Rücksichtnahme, was nicht unwesentlich zum Gelingen der Arbeit beitrug.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Problem- und Aufgabenstellung	2
3	Kenntnisstand	3
3.1	Schwermetallgehalte in Auenböden und Sedimenten der Oker	3
3.2	Geogener Background	4
3.2.1	Bodenbelastungen vor dem Hintergrund eines naturbelassenen Zustandes	4
3.2.2	Aspekte der regionalen Backgroundproblematik	7
3.2.3	Die Schwermetallgehalte am Standort Vienenburg als Maßstab für Belastungen der Böden am Standort Heiningen?	9
3.3	Korngrößenproblematik	10
3.4	Bindungs- und Mobilitätsverhalten von Schwermetallen	11
3.4.1	Einfluß des pH-Wertes	11
3.4.2	Einfluß der organischen Substanz	12
3.4.3	Einfluß des Tongehaltes	12
3.4.4	Einfluß von Eisen- und Manganoxiden und -hydroxiden	13
3.4.5	Einfluß der Boden- und Milieuparameter auf das Bindungs- und Mobilitätsverhalten der Schwermetalle	14
4	Beschreibung der Standorte Heiningen und Vienenburg	17
4.1	Lage und Hydrographie der Standorte	17
4.1.1	Heiningen	17
4.1.2	Vienenburg	20
4.2	Geologie der Standorte	22
4.2.1	Heiningen	22
4.2.1.1	Morphologische und tektonische Strukturen	22
4.2.1.2	Präquartär	23
4.2.1.3	Quartär	23
4.2.1.3.1	Pleistozän	24
4.2.1.3.2	Holozän	24

4.2.2	Vienenburg	25
4.2.2.1	Morphologische und tektonische Strukturen	25
4.2.2.2	Präquartär	26
4.2.2.3	Quartär	27
4.2.2.3.1	Pleistozän	27
4.2.2.3.2	Holozän	27
4.3	Bodencharakterisierung	27
4.3.1	Böden der Okeraue bei Heiningen	27
4.3.1.1	Heiningen Acker (HA)	28
4.3.1.2	Heiningen Grünland (HG)	28
4.3.1.3	Heiningen Wald (HW)	29
4.3.2	Vergleich der Bodenhorizonte am Standort Heiningen	30
4.3.3	Böden der Eckeraue bei Vienenburg	30
4.3.3.1	Vienenburg Acker (VA)	30
4.3.3.2	Vienenburg Grünland (VG)	31
4.3.3.3	Vienenburg Wald (VW)	31
4.3.4	Vergleich der Bodenhorizonte am Standort Vienenburg	31
5	Methodik	31
5.1	Geländearbeiten	32
5.2	Laborarbeiten	32
5.2.1	Korngrößen- und Schlämmentersuchungen	32
5.2.2	Probenaufbereitung	35
5.2.3	Röntgendiffraktometrie	35
5.2.4	Probenanalytik	36
5.2.4.1	pH-Wert Messungen	36
5.2.4.2	Kohlenstoffbestimmungen	37
5.2.4.3	ICP-Messungen	37
5.2.4.4	Sequentielle Elution	38
5.3	Datenbearbeitung	39

5.4	Statistische Bearbeitung der Bodenproben	39
5.4.1	Häufigkeitsverteilungen	40
5.4.2	Mittelwerte und Standardabweichungen	40
5.4.3	Nalimov-Test	41
5.4.4	Chi-Quadrat-Test	41
5.4.5	Korrelationen und Cluster	42
5.4.6	Scattergrame	42
5.4.7	F- und T-Test	43
5.4.7.1	Vergleich zweier Streuungen (F-Test)	43
5.4.7.2	Vergleich zweier Mittelwerte (T-Test).	43
5.4.8	Standardisierung	43
5.4.9	Outlyer	44
5.4.10	Faktorenanalyse	44
5.5	Kartenerstellung	45
5.5.1	Einzelementkarten	45
6	Ergebnisse	46
6.1	Mineralphasenbestimmung	46
6.1.1	Pulverdiffraktogramme	46
6.1.2	Tonmineralogische Untersuchungen	47
6.2	Geochemische Kartierung	48
6.2.1	Standort Heiningen	48
6.2.1.1	Horizontorientierte Elementverteilung: Heiningen Acker	48
6.2.1.2	Teufenorientierte Elementverteilung: Heiningen Acker	53
6.2.1.3	Horizontorientierte Elementverteilung: Heiningen Grünland	56
6.2.1.4	Teufenorientierte Elementverteilung: Heiningen Grünland	59
6.2.1.5	Horizontorientierte Elementverteilung: Heiningen Wald	62
6.2.1.6	Teufenorientierte Elementverteilung: Heiningen Wald	65
6.2.2	Standort Vienenburg	67
6.2.2.1	Horizontorientierte Elementverteilung: Vienenburg Acker	67

6.2.2.2	Horizontorientierte Elementverteilung: Vienenburg Grünland	69
6.2.2.3	Horizontorientierte Elementverteilung: Vienenburg Wald	71
6.2.2.4	Teufenorientierte Elementverteilung: Standort Vienenburg	73
6.3	Die Backgroundproblematik an den Standorten Heiningen und Vienenburg	75
6.3.1	Lokaler Backgroundvergleich	75
6.3.2	Regionaler Backgroundvergleich	76
6.3.3	Überregionaler Backgroundvergleich	77
6.4	Schwermetallkonzentrationen in der Feinsand- und Tonfraktion ausgewählter Proben	78
6.5	Statistische Analysen der vertikalen und horizontalen Elementverteilungen anhand ausgewählter Proben	79
6.5.1	Standort Heiningen	81
6.5.1.1	Untersuchungsgebiet Heiningen Acker — Feinsandfraktion	81
6.5.1.1.1	Statistische Analyse der Elementverteilung in den oberen Bodenhorizonten (A_p , G_o , G_{ro})	81
6.5.1.1.2	Statistische Analyse der Elementverteilung in den unteren Bodenhorizonten (G_{or} , G_r)	82
6.5.1.2	Untersuchungsgebiet Heiningen Acker — Tonfraktion	84
6.5.1.2.1	Statistische Analyse der Elementverteilung in den oberen Bodenhorizonten (A_p , G_o , G_{ro})	84
6.5.1.2.2	Statistische Analyse der Elementverteilung in den unteren Bodenhorizonten (G_{or} , G_r)	85
6.5.1.3	Untersuchungsgebiet Heiningen Grünland — Feinsandfraktion	86
6.5.1.3.1	Statistische Analyse der Elementverteilung in den oberen Bodenhorizonten (A_p , G_o , G_{ro})	86
6.5.1.3.2	Statistische Analyse der Elementverteilung in den unteren Bodenhorizonten (G_{or} , G_r)	87
6.5.1.4	Untersuchungsgebiet Heiningen Grünland — Tonfraktion	89
6.5.1.4.1	Statistische Analyse der Elementverteilung in den oberen Bodenhorizonten (A_p , G_o , G_{ro})	89
6.5.1.4.2	Statistische Analyse der Elementverteilung in den unteren Bodenhorizonten (G_{or} , G_r)	89
6.5.1.5	Untersuchungsgebiet Heiningen Wald — Feinsandfraktion	92

6.5.1.5.1	Statistische Analyse der Elementverteilung in den oberen Bodenhorizonten (A_h , G_o , G_{ro})	92
6.5.1.5.2	Statistische Analyse der Elementverteilung in den unteren Bodenhorizonten (G_{or} , G_r)	92
6.5.1.6	Untersuchungsgebiet Heiningen Wald — Tonfraktion	94
6.5.1.6.1	Statistische Analyse der Elementverteilung in den oberen Bodenhorizonten (A_h , G_o , G_{ro})	94
6.5.1.6.2	Statistische Analyse der Elementverteilung in den unteren Bodenhorizonten (G_{or} , G_r)	94
6.5.2	Zusammenfassung der Ergebnisse der statistischen Analysen am Standort Heiningen . . .	96
6.5.3	Standort Vienenburg	98
6.5.3.1	Untersuchungsgebiet Vienenburg Acker — Feinsandfraktion	99
6.5.3.1.1	Statistische Analyse der Elementverteilung	99
6.5.3.2	Untersuchungsgebiet Vienenburg Acker — Tonfraktion	99
6.5.3.2.1	Statistische Analyse der Elementverteilung	99
6.5.3.3	Untersuchungsgebiet Vienenburg Grünland — Feinsandfraktion	101
6.5.3.3.1	Statistische Analyse der Elementverteilung	101
6.5.3.4	Untersuchungsgebiet Vienenburg Grünland — Tonfraktion	101
6.5.3.4.1	Statistische Analyse der Elementverteilung	101
6.5.3.5	Untersuchungsgebiet Vienenburg Wald — Feinsandfraktion	102
6.5.3.5.1	Statistische Analyse der Elementverteilung	102
6.5.3.6	Untersuchungsgebiet Vienenburg Wald — Tonfraktion	103
6.5.3.6.1	Statistische Analyse der Elementverteilung	103
6.5.4	Zusammenfassung der Ergebnisse der statistischen Analysen am Standort Vienenburg . .	104
6.6	Phasenspezifische Schwermetall-Bindungsformen am Standort Heiningen	104
6.6.1	Untersuchungsgebiet Heiningen Acker	105
6.6.2	Untersuchungsgebiet Heiningen Grünland	111
6.6.3	Untersuchungsgebiet Heiningen Wald	117
6.7	Vergleich und Diskussion der phasenspezifischen Schwermetallbindungsformen am Standort Heiningen	122

8 Zusammenfassung	130
9 Literaturverzeichnis	134
Anhang auf beigefügter CD (Daten- und Kartendokumentation)	

Tabellenverzeichnis

1	Schwermetallkonzentrationen im Flußlängsprofil der Oker	5
2	Grund-, Richt-, Vorsorge- und Grenzwerte für Schwermetallkonzentrationen in Böden	6
3	Backgroundkonzentrationen von Schwermetallen in Gesteinen und Böden	8
4	Spezifische Oberflächen und Austauschkapazitäten von sorptionsaktiven Substanzen	13
5	Relative Bindungsstärke für Metallionen in Abhängigkeit von Bodenbestandteilen bei gegebenem Grenz-pH	16
6	Koordinaten und Ausdehnung der Untersuchungsgebiete	17
7	Vereinfachte Gliederung des Quartärs in Niedersachsen	23
8	Zeitliche Einordnung und Benennung der Sedimentations- und Bergbauphasen im Holozän	26
9	Anzahl und Art der Untersuchungsparameter (Gesamtproben)	34
10	Anzahl und Art der Untersuchungsparameter (ausgewählte Proben)	34
11	Geräteeinstellung zur halbquantitativen Bestimmung des Mineralbestandes	36
12	Die instrumentellen Nachweisgrenzen der ICP-Messungen	38
13	Sequentielle Elution	39
14	Heiningen Acker: Zusammenfassende Beschreibung der Zink-Strukturen	49
15	Heiningen Acker: Korrelationsanalysen der Schwermetalle und der mineralischen Komponente	50
16	Heiningen Acker: ausreißerbereinigte Mittelwerte der Variablen	53
17	Heiningen Acker: Korrelationsmatrix über alle Bodenhorizonte, extremwertbereinigt	54
18	Heiningen Grünland: Zusammenfassende Beschreibung der Zink-Strukturen	56
19	Heiningen Grünland: Korrelationsanalysen der Schwermetalle und der mineralischen Komponente	59
20	Heiningen Grünland: ausreißerbereinigte Mittelwerte der Variablen	60
21	Heiningen Grünland: Korrelationsmatrix über alle Bodenhorizonte, extremwertbereinigt	60
22	Schwermetallkonzentrationen in Schlacken, Pochsanden, Opak-Anteil und Hellglimmern	60
23	Heiningen Wald: Zusammenfassende Beschreibung der Zink-Strukturen	62
24	Heiningen Wald: Korrelationsanalysen der Schwermetalle und der mineralischen Komponente	63
25	Heiningen Wald: ausreißerbereinigte Mittelwerte der Variablen	65
26	Heiningen Wald: Korrelationsmatrix über alle Bodenhorizonte, ausreißerbereinigt	65
27	Vienenburg Acker: ausreißerbereinigte Mittelwerte der Variablen	73
28	Vienenburg Acker: Korrelationsmatrix über alle Bodenhorizonte, ausreißerbereinigt	73

29	Vienenburg Grünland: ausreißerbereinigte Mittelwerte der Variablen	73
30	Vienenburg Grünland: Korrelationsmatrix über alle Bodenhorizonte, ausreißerbereinigt	74
31	Vienenburg Wald: ausreißerbereinigte Mittelwerte der Variablen	74
32	Vienenburg Wald: Korrelationsmatrix über alle Bodenhorizonte, ausreißerbereinigt	74
33	Lokaler Backgroundvergleich: Schwermetallkonzentrationen und -anreicherungsfaktoren	76
34	Schwermetallkonzentrationen (Feinsandfraktion) an den Standorten Heiningen und Vienenburg, sowie in Nord- und Oberharzer Böden	76
35	Regionaler Backgroundvergleich: Schwermetallkonzentrationen- und anreicherungsfaktoren	77
36	Beschreibung der Sedimentqualität durch I_{geo} -Klassen	77
37	Einteilung der Schwermetallkonzentrationen an den Standorten Heiningen und Vienenburg in I_{geo} - Klassen	78
38	Mittlere Schwermetallkonzentrationen der Feinsand- und Tonfraktion und Anreicherungsfaktoren Ton/Feinsand an den Standorten Heiningen und Vienenburg	79
39	Zusammenstellung der für das Bindungsverhalten der Erzmehalle relevanten Elementgruppen	80
40	Korrelationsanalyse Heiningen Acker, obere und untere Bodenhorizonte (Feinsandfraktion)	83
41	Heiningen Acker: Faktorenanalyse (Feinsandfraktion)	83
42	Korrelationsanalyse Heiningen Acker, obere und untere Bodenhorizonte (Tonfraktion)	85
43	Heiningen Acker: Faktorenanalyse (Tonfraktion)	85
44	Übersicht der über die Bindungsmechanismen im Untersuchungsgebiet Heiningen Acker	86
45	Korrelationsanalyse Heiningen Grünland, obere und untere Bodenhorizonte (Feinsandfraktion)	88
46	Heiningen Grünland: Faktorenanalyse (Feinsandfraktion)	88
47	Korrelationsanalyse Heiningen Grünland, obere und untere Bodenhorizonte (Tonfraktion)	90
48	Heiningen Grünland: Faktorenanalyse (Tonfraktion)	90
49	Übersicht über die Bindungsmechanismen im Untersuchungsgebiet Heiningen Grünland	92
50	Korrelationsanalyse Heiningen Wald, obere und untere Bodenhorizonte (Feinsandfraktion)	93
51	Heiningen Wald: Faktorenanalyse (Feinsandfraktion)	94
52	Korrelationsanalyse Heiningen Wald, obere und untere Bodenhorizonte (Tonfraktion)	95
53	Heiningen Wald: Faktorenanalyse (Tonfraktion)	96
54	Übersicht der Bindungsmechanismen im Untersuchungsgebiet Heiningen Wald	96
55	Übersicht über die Bindungsmechanismen am Standort Heiningen	98

56	Korrelationsanalyse Vienenburg Acker, obere Bodenhorizonte (Ton- und Feinsandfraktion)	100
57	Vienenburg Acker: Faktorenanalyse (Feinsand- und Tonfraktion)	101
58	Korrelationsanalyse Vienenburg Grünland, obere Bodenhorizonte (Ton- und Feinsandfraktion)	102
59	Vienenburg Grünland: Faktorenanalyse (Feinsand- und Tonfraktion)	102
60	Korrelationsanalyse Vienenburg Wald, obere Bodenhorizonte (Ton- und Feinsandfraktion)	103
61	Übersicht über die Bindungsmechanismen am Standort Vienenburg	104
62	Gegenüberstellung Elementgruppe / Elutionsphase	122
63	Metallspezifische Bindungsformen am Standort Heiningen	127

Abbildungsverzeichnis

1	Lage der Untersuchungsgebiete	18
2	Lage der Untersuchungsgebiete Heiningen Acker, Heiningen Grünland und Heiningen Wald	19
3	Lage der Untersuchungsgebiete Vienenburg Acker und Vienenburg Grünland	21
4	Lage des Untersuchungsgebietes Vienenburg Wald	21
5	Projektion des rezenten Verlaufs von Oker und Ecker auf den präquartären Untergrund (abgedeckte Karte) im nördlichen Harzvorland	22
6	Arbeits- und Analysenschritte	33
7	Ablauf der statistischen Datenbearbeitung	40
8	Heiningen Acker: Karten a - d	51
9	Heiningen Acker: Karten e - f	52
10	Heiningen Acker: Teufenspezifische Element- und pH-Verteilung	55
11	Heiningen Acker: Häufigkeitsverteilungen von Zink und Blei	55
12	Heiningen Acker: Scattergram Blei gegen Zink	55
13	Heiningen Grünland: Karten a - d	57
14	Heiningen Grünland: Karten e - f	58
15	Heiningen Grünland: Teufenspezifische Element- und pH-Verteilung	61
16	Heiningen Grünland: Häufigkeitsverteilungen von Blei und Kupfer	61
17	Heiningen Grünland: Scattergram Blei gegen Kupfer	61
18	Heiningen Wald: Karten a - c	63
19	Heiningen Wald: Karten d - g	64
20	Heiningen Wald: Teufenspezifische Element- und pH-Verteilung	66
21	Heiningen Wald: Häufigkeitsverteilungen von Zink und Cadmium	66
22	Heiningen Wald: Scattergram Zink gegen Cadmium	66
23	Vienenburg Acker: Karten a - d	68
24	Vienenburg Grünland: Karten a - d	70
25	Vienenburg Wald: Karten a - d	72
26	Heiningen Acker: Clusteranalyse, obere Bodenhorizonte (Feinsandfraktion)	82
27	Heiningen Acker: Clusteranalyse, untere Bodenhorizonte (Feinsandfraktion)	82
28	Heiningen Acker: Clusteranalyse, obere Bodenhorizonte (Tonfraktion)	84

29	Heiningen Acker: Clusteranalyse, untere Bodenhorizonte (Tonfraktion)	84
30	Heiningen Grünland: Clusteranalyse, obere Bodenhorizonte (Feinsandfraktion)	89
31	Heiningen Grünland: Clusteranalyse, untere Bodenhorizonte (Feinsandfraktion)	89
32	Heiningen Grünland: Clusteranalyse, obere Bodenhorizonte (Tonfraktion)	90
33	Heiningen Grünland: Clusteranalyse, untere Bodenhorizonte (Tonfraktion)	90
34	Heiningen Wald: Clusteranalyse, obere Bodenhorizonte (Feinsandfraktion)	94
35	Heiningen Wald: Clusteranalyse, untere Bodenhorizonte (Feinsandfraktion)	94
36	Heiningen Wald: Clusteranalyse, obere Bodenhorizonte (Tonfraktion)	95
37	Heiningen Wald: Clusteranalyse, untere Bodenhorizonte (Tonfraktion)	95
38	Vienenburg Acker: Clusteranalyse, obere Bodenhorizonte (Feinsandfraktion)	100
39	Vienenburg Acker: Clusteranalyse, obere Bodenhorizonte (Tonfraktion)	100
40	Vienenburg Grünland: Clusteranalyse, obere Bodenhorizonte (Feinsandfraktion)	101
41	Vienenburg Grünland: Clusteranalyse, obere Bodenhorizonte (Tonfraktion)	101
42	Vienenburg Wald: Clusteranalyse, obere Bodenhorizonte (Feinsandfraktion)	103
43	Heiningen Acker: Elementspeziation im A _p -Horizont	106
44	Heiningen Acker: Elementspeziation im G _r -Horizont	106
45	Heiningen Acker: Elementspeziation im A _p -Horizont	106
46	Heiningen Acker: Elementspeziation im G _r -Horizont	106
47	Heiningen Acker: phasenspezifische Bindungsformen von Zink	108
48	Heiningen Acker: phasenspezifische Bindungsformen von Blei	108
49	Heiningen Acker: phasenspezifische Bindungsformen von Kupfer	109
50	Heiningen Acker: phasenspezifische Bindungsformen von Eisen	109
51	Heiningen Acker: phasenspezifische Bindungsformen von Mangan	110
52	Heiningen Acker: phasenspezifische Bindungsformen von Chrom	110
53	Heiningen Acker: phasenspezifische Bindungsformen von Vanadium	111
54	Heiningen Acker: phasenspezifische Bindungsformen von Aluminium	111
55	Heiningen Grünland: Elementspeziation im A _p -Horizont	111
56	Heiningen Grünland: Elementspeziation im G _r -Horizont	111
57	Heiningen Grünland: Elementspeziation im A _p -Horizont	112
58	Heiningen Grünland: Elementspeziation im G _r -Horizont	112

59	Heiningen Grünland: phasenspezifische Bindungsformen von Zink	113
60	Heiningen Grünland: phasenspezifische Bindungsformen von Blei	113
61	Heiningen Grünland: phasenspezifische Bindungsformen von Kupfer	114
62	Heiningen Grünland: phasenspezifische Bindungsformen von Eisen	114
63	Heiningen Grünland: phasenspezifische Bindungsformen von Mangan	115
64	Heiningen Grünland: phasenspezifische Bindungsformen von Chrom	115
65	Heiningen Grünland: phasenspezifische Bindungsformen von Vanadium	116
66	Heiningen Grünland: phasenspezifische Bindungsformen von Aluminium	116
67	Heiningen Wald: Elementspeziation im A _h -Horizont	117
68	Heiningen Wald: Elementspeziation im G _r -Horizont	117
69	Heiningen Wald: Elementspeziation im A _h -Horizont	117
70	Heiningen Wald: Elementspeziation im G _r -Horizont	117
71	Heiningen Wald: phasenspezifische Bindungsformen von Zink	118
72	Heiningen Wald: phasenspezifische Bindungsformen von Blei	118
73	Heiningen Wald: phasenspezifische Bindungsformen von Kupfer	120
74	Heiningen Wald: phasenspezifische Bindungsformen von Eisen	120
75	Heiningen Wald: phasenspezifische Bindungsformen von Mangan	121
76	Heiningen Wald: phasenspezifische Bindungsformen von Chrom	121
77	Heiningen Wald: phasenspezifische Bindungsformen von Vanadium	122
78	Heiningen Wald: phasenspezifische Bindungsformen von Aluminium	122

1 Einleitung

Die Belastung und Belastbarkeit von Böden sind ein wesentlicher Aspekt der in den letzten Jahren intensivierten Forschung über die Auswirkungen von Schwermetallen auf natürliche Ökosysteme. Im Vordergrund standen bislang Untersuchungen über Einträge von Schwermetallen aus aktiver Quelle wie Industrie- und Verkehrsemissionen, Klär- und Baggerschlammausträge auf landwirtschaftlichen Nutzflächen oder unsachgemäß gelagerten Altlasten. Um die Belastbarkeit von Ökosystemen umfassend beurteilen zu können, müssen neben Kenntnissen über die im Boden fixierten Schwermetallspezies und ihre ökotoxikologischen Eigenschaften insbesondere auch jene Parameter berücksichtigt werden, die das physikochemische Verhalten wie die Sorption und die Mobilisierbarkeit von Schwermetallen zu beeinflussen vermögen. Unter anderem ist es die zunehmende Acidität der Niederschläge und die dadurch bedingte Absenkung der pH-Werte, die Pufferkapazitäten und Filtereigenschaften von Böden herabsetzen und zu einem Austrag von Schwermetallen ins Grundwasser sowie zu ihrer verstärkten Aufnahme durch Pflanzen führen können.

Diese sich verändernden Rahmenbedingungen machen nicht nur die mehr oder weniger intensiven Immissionen neueren Datums, sondern — weitaus mehr — auch historische Schwermetall-Depots, die z. T. über Jahrhunderte in den Böden angereichert wurden und die geogen bedingten Schwermetallkonzentrationen um ein Vielfaches überschreiten, zu großen Gefahrenquellen. Besonders hoch und von der Dauer der Abbauphase und deren zeitgenössischen Technologie abhängig ist das Gefährdungspotential für Ökosysteme in traditionellen Erzbergbauregionen (Harz, Sauerland, Erzgebirge u. a.). Remobilisierte Schwermetalle nehmen den Weg über das Grundwasser zum Vorfluter, werden durch ihn weiterverfrachtet und wieder abgelagert. Flüsse, deren Einzugsgebiete in Bergbaurevieren liegen, haben daher in ihren Auen, die zumeist intensiv landwirtschaftlich genutzt werden, in der Regel sehr große Mengen an Schwermetallen im Boden akkumuliert.

So zeichnen sich auch die Sedimente der Talauen im nördlichen Harzvorland zum Teil durch extreme Schwermetallgehalte aus, die weit über den für Kulturböden empfohlenen Richtwerten liegen (KLOKE 1980, AbfKlaerV 1992, NIEDERLÄNDISCHE LISTE 1995, Bundesbodenschutzgesetz 1998). Diese hohen Konzentrationen sind generell auf den ca. 1000jährigen Bergbau im Harz zurückzuführen. In dieser Zeitspanne wurden allein im Rammelsberg ca. 30 Mio. t Erz gefördert. Bis zur Erschließung des „Neuen Lagers“ um 1860 betrug die durchschnittliche Fördermenge ca. 7000 t/a (MATSCHULLAT et al. 1992). 1926 erreichte die Erzförderung erstmals 100000 t/a und im Rekordjahr 1960 sogar 320000 t Roherz (ROSENECK 1992). Die Fördermenge an Buntmetallsalzen im Rammelsberg übertraf in diesem Jahrhundert mit 15 Mio. t die Gesamtmenge aus den vorangegangenen 930 Jahren (MATSCHULLAT et al. 1992). 1988 wurde der Bergbau am Rammelsberg eingestellt.

Die Kontamination des Harzvorlandes erfolgte in erheblichem Umfang bereits in der Frühphase des Bergbaus, da der damalige Wirkungsgrad der Aufbereitungs- und Verhüttungsverfahren nicht mit dem Stand der heutigen Technik vergleichbar ist. Noch 1822 (Durchsatz von ca. 100000 t Roherz) betrug beispielsweise der Bleiverlust bei der Aufbereitung in Pochwerken fast 25 % (KRAUME 1948). Die feinen Metallschlämme wurden mit dem Poch- und Waschwasser weggeführt und in den Flußauen des Harzvorlandes wieder abgelagert (MEYER 1822, NOWAK & PREUL 1971). Die durch die Verhüttung anfallenden Schlacken bilden aufgrund ihrer Verwitterungsanfälligkeit und der daher leichteren Freisetzbarkeit von toxischen Elementen im Vergleich zu den natürlichen Sulfiden das höhere Kontaminationspotential.

Gegenwärtig sind es vor allem Halden, die an den Ufern von Flüssen und Bächen liegen und wegen ihrer lockeren Lagerung die Gefahr der Auswaschung durch Erosion und des ungehinderten Schadstoffeintrags in die Vorfluter bergen. BODE (1926) beschrieb die Lagen von 191 Halden im Harz und am Harznordrand. Im Rahmen einer neueren Haldenerfassung konnten auf der niedersächsischen Seite des Harzes die Lagen von 173 ehemaligen Halden eindeutig lokalisiert werden (CUTEC 1993). Aus den am Harznordrand liegenden Halden des Hüttenwerks Oker/Harlingerode (gegründet 1527), in dem ein Großteil der Rammelsbergerze und der Erze der Oberharzer Reviere verhüttet wurde, ist auch gegenwärtig noch mit Stoffeinträgen in die Oker zu rechnen (EGGERS 1994, 1996). Begünstigt wird dies durch Niederschläge, deren pH-Werte von HÖLSCHER et al. (1994) mit 4,43 (Freilandmeßstellen) und 3,9 (Bestandsmeßstellen) angegeben werden. SIEWERS & ROOSTAI (1990) konnten im Bereich der Sösemulde mittlere pH-Werte von 3,8 (pH_{\min} : 2,8) nachweisen. Im Rahmen des Verbundforschungsprojektes „Harz“ werden die Acidität der Niederschläge und die damit verbundene saure Deposition sowie deren Auswirkung auf das Ökosystem im Bereich der Sösemulde diskutiert (MATSCHULLAT et al. 1994).

Einer Abschätzung der Bodenbelastung im nördlichen Harzvorland durch KÖSTER & MERKEL (1985) zufolge sind ca. 260 bzw. 270 km² Acker- und Grünlandflächen mit Blei und Cadmium, die aufgrund ihrer Toxizität ein erhebliches Risiko für die Umwelt darstellen, angereichert bzw. belastet. Allein in der Okeraue, einschließlich des Immissionsgebietes Oker/Harlingerode, sind es ca. 46 km² (Cadmium) bzw. 47 km² (Blei). Die anthropogene Umverteilung der Sedimente auf die landwirtschaftlichen Nutzflächen an den Talrändern vergrößert die Kontaminationsfläche erheblich.

2 Problem- und Aufgabenstellung

Da sich Schwermetalle bevorzugt in den obersten Bodenhorizonten anreichern (ANDERSSON 1979), konzentrierten sich die in der Okeraue bisher durchgeführten Forschungen größtenteils auf die A_p- bzw. A_h-Horizonte; fallweise auf die G_o- bzw. G_{ro}-Horizonte (bis 1,00 m u. GOK). Untersuchungen zur flächenhaften und teufenabhängigen Verteilung der Schwermetalle und einer damit verknüpften Differenzierung der Schwermetallkonzentrationen in Abhängigkeit von Pedogenese und geochemischem Milieu sowie zu den hieraus resultierenden Verlagerungsprozessen in hydromorphen Böden lagen bisher nicht vor. Unter Berücksichtigung der Sedimentationsdynamik der Oker und der jahrhundertelangen Einträge von sulfidischen Metallschlämmen und Pochsandern aus dem Harz kann eine Schwermetallanreicherung in tieferen Bodenhorizonten und unterschiedlichen Kornfraktionen nicht ausgeschlossen werden.

Die vorliegende Arbeit hat daher eine systematische Darstellung der flächenhaften und teufenabhängigen Verteilung von Schwermetallen in genetisch gleichen Böden (Auengleye) dreier ausgewählter, unterschiedlicher Nutzung (Ackerbau, Grünland- und Forstwirtschaft) unterliegender Untersuchungsgebiete im Bereich der Okeraue (Standort Heiningen) zum Ziel. Zu Vergleichszwecken wurden ebenfalls die Böden dreier Referenzgebiete in der Eckeraue bei Vienenburg beprobt. Diese Böden sind denen der Okeraue einerseits pedogenetisch ähnlich (Auenböden), weisen andererseits aber geringere Schwermetallbelastungen auf als Böden in den Einzugsgebieten anderer niedersächsischer Harznordrandflüsse (EGGERS 1996). Daher können die Schwermetallkonzentrationen in der Eckeraue als geogene lokale Hintergrundwerte zu einer Einschätzung der relativen Anreicherung von Schwermetallen am Standort Heiningen (Okeraue) herangezogen werden (s. Kap. 3.2).

Darüberhinaus müssen aber auch etwaige Abhängigkeiten der Schwermetallverteilung von der Kornfraktion (Ton und Feinsand) sowie von der mineralogischen Zusammensetzung des Bodenkörpers in Betracht gezogen werden. Dies geschieht anhand ausgewählter Proben, die überdies zur Analyse der unterschiedlichen Bindungsarten und Mobilisierungsphasen zusätzlich einer sequentiellen Elution unterzogen wurden.

3 Kenntnisstand

Die im Vergleich zu anderen deutschen Flußgebieten äußerst hohe Belastung von Oker und Okeraue mit Schwermetallen ist, obwohl seit langem bekannt, erst seit den 70er Jahren Gegenstand umfassender Untersuchungen. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die bisher wichtigsten Ergebnisse zu Art und Umfang der Schwermetallbelastung von Auenböden und Okersedimenten in chronologischer Reihenfolge.

3.1 Schwermetallgehalte in Auenböden und Sedimenten der Oker

Erste eingehende Untersuchungen unternahmen NOWAK & PREUL (1971). Sie konnten in den Talauensedimenten bei Vienenburg Blei- und Zinkgehalte von je 1,1 Gew.-% nachweisen. Auf eine Belastung der feinkörnigen Hochflutsedimente im Mündungsgebiet der Oker weisen FÖRSTNER & MÜLLER (1974) hin. BAUMANN et al. (1977) verfolgten Schwermetallbelastungen der Hochflutsedimente im Flußlängsprofil von Schladen bis Müden (Aller) und stellten — unter Berücksichtigung unterschiedlicher Kornfraktionen — Konzentrationsrückgänge mit zunehmender Fließstrecke fest.

STIER (1979), der an Sedimentproben aus der Oker die Abhängigkeit der Schwermetallgehalte von der Kornfraktion (Gesamt-/Tonfraktion) untersuchte, konnte nachweisen, daß die maximalen Gehalte in der Tonfraktion unterhalb von Goslar auftraten und im weiteren Verlauf der Oker zurückgingen. Parallel dazu wurden die Schwermetallkonzentrationen in der gelösten Phase bestimmt. STIER stellte fest, daß die Schwermetallverteilung der gelösten Phase mit der der partikulären Phase räumlich korrespondiert.

KÖSTER & MERKEL (1985) führten eine systematische Bestandsaufnahme der Schwermetallgehalte in Böden und Pflanzen Niedersachsens durch, wobei bevorzugt bekannte und potentielle Belastungsgebiete, wie der Harz und der Harzvorraum mit seinen alten Industriegebieten, die Flußauen von Oker, Innerste, Aller und Leine sowie die Immissionsgebiete Oker/Harlingerode und Nordenham bearbeitet wurden. Die Okeraue wurde in verschiedene Abschnitte aufgeteilt, in denen in Acker- und Grünlandböden die Schwermetallbelastung bestimmt wurde.

STEFFEN (1989) analysierte die Schwermetallbelastung von Flußsedimenten mit Schwermetallen in Niedersachsen und klassifizierte die Sedimentqualität anhand des Geo-Akkumulations-Index nach MÜLLER (1979). Nach STEFFEN sind die Okersedimente im Bereich der Gewässergütemeßstation Ohrum mit Blei und Cadmium „übermäßig belastet“ und mit Kupfer, Zink und Quecksilber „stark bis übermäßig belastet“. An der Gewässergütemeßstation Gr. Schwülper sind die Sedimente mit Cadmium und Zink „übermäßig belastet“, mit Blei „stark bis übermäßig belastet“ und mit Kupfer und Quecksilber „stark belastet“.

MATSCHULLAT et al. (1991) stellten in Hochflut- und Flußsedimenten im Flußlängsprofil der Oker — trotz Konzentrationsabnahmen mit dem Flußverlauf — noch in Wolfenbüttel Einflüsse des Emissionsraums

Oker/Harlingerode auf die Schwermetallverteilung fest. Es wird darüberhinaus die Möglichkeit von Schadstoffeinträgen aus anderen Emissionsquellen (Luft, Straßenverkehr, Industrie und Altablagerungen) diskutiert und auf die Problematik der regionalen geogenen Hintergrundbelastung eingegangen.

Im Rahmen des Projektes „Untersuchungen zur Schwermetallbelastung von Schwebstoffen und Flußsedimenten im Bereich der Flußsysteme Oker und Innerste“ wurden Schwermetallkonzentrationen in Hochflut- und Flußsedimenten gemessen (EGGERS 1994). Im Oberlauf der Oker konnten oberhalb des Haldengebietes die geringsten Schwermetallgehalte im gesamten Flußlängsprofil der Oker sowohl in den Hochflut- als auch in den Flußsedimenten nachgewiesen werden. Im Einflußbereich des Haldengebietes steigen die Schwermetallgehalte sprunghaft an. Wie ein Vergleich der Schwermetallkonzentrationen beider Flußabschnitte aufzeigt, sind Zink, Blei, Cadmium bzw. Kupfer in den Flußsedimenten innerhalb des Haldengebietes um das 5-, 16-, 4- bzw 20-fache erhöht. Hieran schließt sich bis zum Mündungsgebiet der Oker ein Rückgang sämtlicher Schwermetallkonzentrationen an (EGGERS 1994). An ausgewählten Meßstellen flußabwärts der Halden (Probsteiburg, Ohrum und Gr. Schwülper) wurden monatlich die Schwebstoffe auf Zink, Cadmium, Blei und Kupfer untersucht. Die höchsten Konzentrationen traten am Meßpunkt Probsteiburg, die geringsten am Meßpunkt Gr. Schwülper auf. Diese Ergebnisse wurden auch durch Untersuchungen von ADLERS-FLÜGEL (1996) und GERKHEN (1997) bestätigt.

Weitere Erkenntnisse über Schwermetalle in Auenböden und Okersedimenten finden sich bei FAUTH et al. (1985), KNOLLE (1989), KÖSTER & D. (1980), LAMPRECHT (1984), NOACK & GORSLER (1984), ZACHMANN & EGGERS (1986). Zur Einschätzung der in Tabelle 1 zusammengestellten Schwermetallkonzentrationen sind in Tabelle 2 die relevanten Grund-, Richt- und Grenzwerte aufgeführt. Weitere Hintergrund- und Richtwerte für Böden wurden von der LABO (1995) festgelegt sowie im Bundesbodenschutzgesetz (1998) bzw. im Bundesbodenschutzgesetz und Altlastenverordnung (1999) geregelt. Umfassende Untersuchungen zu Hintergrund- und Prüfwerten von Schwermetallen in nicht bis wenig belasteten Böden wurden 1977 vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalens durchgeführt.

3.2 Geogener Background

3.2.1 Bodenbelastungen vor dem Hintergrund eines naturbelassenen Zustandes

Das Ausmaß der Bodenkontamination eines Standortes ist nur dann angemessen zu bewerten, wenn der Zustand, der sich in situ ohne anthropogene Einflußnahme eingestellt hätte (geogener Background), bekannt oder rekonstruierbar ist.

Zur Unterscheidung einer anthropogenen Belastung vom geogenen Background werden in der Literatur verschiedene Verfahren vorgeschlagen, die auf dem Vergleich konservativer, durch anthropogene Einflüsse nicht veränderbarer Elemente mit den übrigen Elementen der Gesamtprobe basieren. Welche Elemente dazu geeignet sind, wird von verschiedenen Autoren unterschiedlich bewertet. Hier sei auf ACKERMANN (1980), HINTZE (1985), FIEDLER & RÖSLER (1993), NOE (1990), HELLMANN (1992) verwiesen.

Der von TUREKIAN & WEDEPOHL (1961) aufgestellte und in der Folgezeit weltweit als Normgröße anerkannte „Internationale Tongesteinsstandard“ ist nach neueren Untersuchungen zumindest auf lokaler bis regionaler Ebene nicht unumstritten. Zum Beispiel diskutieren JANTZEN et al. (1998) neue Bewertungsgrundlagen für die aktuellen

Literatur- quelle	Lokalität	Korngröße [μm]		Zink [mg/kg]	Blei [mg/kg]	Kupfer [mg/kg]	Cadmium [mg/kg]
1	Vienenburg	<63	min	840	190	210	-
			\bar{x}	5860	8000	2330	-
			max	10000	10000	6700	-
		>63	min	1400	50	70	-
			\bar{x}	1900	2600	785	-
			max	3450	6390	4700	-
	Unterlauf (Oker)	<63	min	5800	820	320	-
			\bar{x}	7220	1430	500	-
			max	9400	2610	680	-
		>63	min	430	95	40	-
			\bar{x}	3750	885	320	-
			max	10200	2360	955	-
2	Vienenburg			10900	11000		
3	Probsteiburg	<2		28800	50000	2200	-
	Vienenburg	<2		26700	12300	1670	-
	Schlade	<2		13200	6160	790	-
	unterhalb Wolfenb.	<2		12800	3150	750	-
	Hillerse	<2		11850	1275	320	-
4	Schlade bis Braunschweig (n=34)	<6	min \bar{x} max	133 1378 3446	118 736 2656	25 134 302	2,90 16,00 134,30
	Braunschweig bis Müden (n=35)	<6	min \bar{x} max	97 639 2685	34 119 571	8 28 114	1,40 15,70 63,80
	Vienenburg bis Schlade	<6	min \bar{x} max	- - -	194 2112 5400	- - -	0,70 7,10 13,00
	Schlade bis Börßum (n=25) Pb, Cd	<6	min \bar{x} max	- - -	83 2610 3857	- - -	0,60 9,10 43,60
	Dorstadt bis Wolfenbüttel (n=37) Pb, Cd	<6	min \bar{x} max	- - -	44 1691 4170	- - -	0,30 9,00 25,70
	Vienenburg bis Wolfenbüttel (n=94) Zn, Cu	<6	min \bar{x} max	113 2402 5039	- - -	16 341 846	- - -
	Gr. Stöckheim bis Braunschweig (n=32) Pb, Cd	<6	min \bar{x} max	- - -	24 87 1824	- - -	0,20 1,00 126,00
	Braunschweig bis Müden(n=35) Pb, Cd	<6	min \bar{x} max	- - -	11 58 502	- - -	0,10 0,70 8,80
	Wolfenbüttel bis Müden (n=67) Zn, Cu	<6	min \bar{x} max	25 203 3610	- - -	5 23 371	- - -

Tabelle 1: Schwermetallkonzentrationen im Flußlängsprofil der Oker. (1) BAUMANN et al. (1977); (2) NOWAK & PREUL (1971); (3) STIER (1979); (4) KÖSTER & MERKEL (1985); (5) MATSCHULLAT et al. (1991); (6) EGGERS (1994)

Literatur- quelle	Lokalität	Korngröße [μm]		Zink [mg/kg]	Blei [mg/kg]	Kupfer [mg/kg]	Cadmium [mg/kg]
5	Oker Waldhaus (oberhalb Halden)	<63		2400	1600	280	-
	Oker (innerhalb Halden)	<63		>21000	15000	1200	-
	Schladen	<63		4300	1900	310	-
	Wolfenbüttel	<63		1700	540	200	-
	Gr.Schwülper Müden	<63 <63		1500 1600	310 300	140 120	- -
6	Oker Waldhaus (oberhalb Halden)	<20		3153	1010	109	45,00
	Oker (innerhalb Halden)	<20		56250	38570	3390	815,00
	Probsteiburg	<20		15032	16092	2179	174,00
	Vienenburg	<20		7246	7112	1011	74,00
	Ohrum	<20		5048	1750	536	75,00
	Gr. Schwülper	<20		3687	794	188	74,00
	Seershausen	<20		4614	742	234	79,00
	Probsteiburg (n=20)	<20		9027	6125	850	82,00
	Ohrum (n=20)	<20		6094	1546	421	68,00
	Gr. Schwülper (n=20)	<20		4628	900	263	65,00

Tabelle 1 (Fortsetzung): Schwermetallkonzentrationen im Flußlängsprofil der Oker. (1) BAUMANN et al. (1977); (2) NOWAK & PREUL (1971); (3) STIER (1979); (4) KÖSTER & MERKEL (1985); (5) MATSCHULLAT et al. (1991); (6) EGGERS (1994)

Literaturquelle	Zink [mg/kg]	Blei [mg/kg]	Kupfer [mg/kg]	Cadmium [mg/kg]
KLOKE (1980)	300	100	100	3,00
EIKMANN & KLOKE (1991)				
BW I (Grundwert)	150	100	50	1,00
BW II (Toleranzwert)	300	500	50	2,00
BW III (Toxizitätswert)	600	1000	200	5,00
AbKlärV (1992)	200	100	60	1,50
LÖLF (1988)	300	300	100	2,00
NIEDERLÄNDISCHE LISTE (1995)				
I-Wert (Sanierungsrichtwert)	720	530	190	12,00
S-Wert (Grundbelastung)	140	85	36	0,80
Bundesbodenschutzgesetz (1998)				
tonige Böden	200	100	60	1,50
lehmige/schluffige Böden	150	70	40	1,00
sandige Böden	60	40	20	0,40

Tabelle 2: Grund-, Richt-, Vorsorge- und Grenzwerte für Schwermetallkonzentrationen in Böden

Schwermetallbelastungen im Verlauf der Elbe auf der Basis Elbe-typischer geogener Hintergrundwerte. Sie ziehen den Schluß, daß sich die Konzentrationen vieler Elemente anhand des Tongesteinsstandards nicht angemessen bewerten lassen. So werden beispielsweise Chrom-, Zink-, Arsen-, Silber-, Cadmium- und Bleibelastungen stark überschätzt, Kupfer-, Molybdän- und Zinnbelastungen dagegen zu niedrig bewertet.

Zur Einschätzung von Bodenbelastungen mit Schwermetallen ermittelten HINDEL & FLEIGE (1987) die geogenen Grundgehalte von Schwermetallen in Böden mittels 600 bundesweit aufgenommener und geochemisch untersuchter Bodenprofile (ca. 6000 Proben). Durch eine Verknüpfung der ermittelten statistischen Kenndaten mit geologischen und bodenkundlichen Karten ist es möglich, die geogene Grundbelastung von Böden mit Schwermetallen abzuschätzen. Diese Untersuchungen zeigten, daß in weiten Bereichen der Bundesrepublik bereits die geogene Schwermetallbelastung über den von KLOKE (1980) vorgeschlagenen Orientierungswerten bzw. über den heute gültigen Vorsorge- und Prüfwerten der Bundesbodenschutzgesetz und Altlastenverordnung (1999) liegen.

3.2.2 Aspekte der regionalen Backgroundproblematik

KÖSTER & MERKEL (1985) unterscheiden Böden mit „Normalgehalten“ (Blei: 50 mg/kg, Cadmium: 0,5 mg/kg), die durch natürliche, geogene Vorgänge bei der Verwitterung und der Bodenbildung bedingt sind, von „angereicherten“ Böden mit anthropogen bedingten höheren Gehalten und „belasteten“ Böden, bei denen der Richtwert nach KLOKE (1980) bzw. der Grenzwert der Klärschlammverordnung (1982) überschritten ist. Diesem Kriterium zufolge, grenzten sie in der Oker- und Harlingerode, einschließlich dem Immissionsgebiet Oker/Harlingerode, „angereicherte“ und „belastete“ Flächen von ca. 46 km² (Cadmium) und 47 km² (Blei) Ausdehnung ab.

CASPERS (1990) untersuchte die Schwermetallkonzentrationen in der <20 µm-Fraktion im Auenlehm der Aller. Die Proben wurden unmittelbar vor der Mündung der Aller in die Weser entnommen und pollenanalytisch datiert. Sedimente mit einem Alter von 800 bis 1200 Jahren oder älter, sind präindustriell. Präindustrielle Flußablagerungen der Aller haben durchschnittliche Gesamtkonzentrationen von 20 - 40 mg/kg für Blei, 110 - 180 mg/kg für Zink, 9 - 35 mg/kg für Kupfer und 3 - 7 mg/kg für Cadmium. Sedimente aus dem Zeitraum zwischen 1200 und 1750 n. Chr. weisen Bleikonzentrationen von mehr als 100 mg/kg bzw. Zinkkonzentrationen von über 500 mg/kg auf. CASPERS (1990) schließt daraus, daß die Einträge von Zink und Blei und in geringerem Umfang von Kupfer nur durch den 1000jährigen Harzbergbau verursacht werden konnten. Aufgrund der geringen Bergbauaktivität während des Früh- und Hochmittelalters entsprechen die Konzentrationen der „präindustriellen“ Sedimente annähernd den natürlichen Metallgehalten toniger Sedimentgesteine (Cu: 45 mg/kg, Zn: 95 mg/kg, Pb: 20 mg/kg nach BANAT et al. (1972) sowie den im Bereich von Weser, Elbe und Ems von SCHOER et al. (1982) ermittelten Backgroundwerten (Cu: 31 ppm, Zn: 95 ppm, Pb: 20 ppm). Eine Auswahl der von CASPERS (1990) bearbeiteten Proben ist in Tabelle 3 zusammengestellt.

In der Bremer Wesermarsch wurden durch SAUER & WALTER (1998) vier Auenlehme (I - IV) pollenanalytisch differenziert und vier Ablagerungsphasen im Zeitraum zwischen 3000 v. Chr. und 1500 n. Chr. zugeordnet. Die Schwermetallgehalte von Böden, die älter als 1100 n. Chr. (= Auenlehmtyp III) sind, liegen noch unterhalb des Tongesteinsstandards nach TUREKIAN & WEDEPOHL (1961). Erst im Auenlehmtyp IV wird er von Blei und Zink signifikant überschritten. Diese Ergebnisse stehen mit Untersuchungen im Bereich der Allermündung bei Verden

in Einklang. Hier sind die Schwermetalle im anthropogen (Harzer Bergbau) beeinflussten Auenlehm (800 - 1200 Jahre alt) ähnlich stark angereichert wie im Auenlehm IV (500 - 900 Jahre alt) der Wesermarsch.

Um einen schematischen Vergleich mit dem Tongesteinsstandard zur Ermittlung regionaler Backgroundwerte zu umgehen, bilden datierte (^{14}C) Sedimentkerne den methodischen Ansatz der Untersuchungen von JANTZEN et al. (1998): Die gemessenen Elementkonzentrationen im Sediment sind dadurch stratigraphisch und demzufolge Phasen historisch belegten anthropogenen Wirkens eindeutig zuordbar.

Bereits 6 Jahre zuvor untersuchten MATSCHULLAT et al. (1992) Schwermetallkonzentrationen in einem sechs Meter langen Sedimentkern aus der Okeraue, um die Elementverteilung seit dem Ende des Präboreals chronostratigraphisch einzuordnen.

Literaturquelle	Zink [mg/kg]	Blei [mg/kg]	Kupfer [mg/kg]	Cadmium [mg/kg]
TUREKIAN & WEDEPOHL (1961) (Schieferton,weltweit)	100	20	50	0,30
SIEWERS & ROOSTAI (1990) (Westharzer Tonschiefer n=65)	110	18	37	-
BLUME & BRÜMMER (1987) Löß Geschiebemergel	53 40	34 20	15 15	0,20 0,30
KÖSTER & MERKEL (1985) (Normalgehalte niedersächs. Böden) Löß Auen	50 - 70 20 - 50	20 - 30 10 - 30	8 - 12 5 - 10	0,1 - 0,3 0,6 - 0,8
DVWK (1988) (Böden)	3-100	0,1 - 20	1 - 40	0,01 - 0,70
ZACHMANN (1990) (Böden im Westharz, n=202)	132	611	33	4,60
CASPERS (1990) (Auswahl datierter Auenlehmproben, Allermündung) 3000 - 1000 v. Chr. 1000 - Chr. Geb. 800 - 1200 n. Chr. 1200 - 1750 n. Chr.	258 133 114 990	32 23 29 666	11 26 9 46	3,20 7,00 4,40 5,30
MATSCHULLAT et al. (1992) (Datierter Auenlehm (6000 a), Okeraue bei Wolfenbüttel)	227	48	108	-
ROOSTAI (1997) Ilse (n = 44) Radau (n = 9) Ecker (n = 25)	227 346 249	219 486 245	15 23 12	- - -
EGGERS (2003)* Heiningen Acker(n = 5) Vienenburg Grünland (n = 5)	214 208	95 91	36 48	4,0 4,5

*Daten aus dieser Arbeit

Tabelle 3: Backgroundkonzentrationen von Schwermetallen in Gesteinen und Böden

Datiert wurde einerseits mittels Pollenanalyse, andererseits durch Parallelisierung der Erzproduktionsmengen (datiert ab 920) mit den Schwermetallgehalten im Sedimentkern. Anhand von neun Sedimentproben (Teufe: 287 - 530 cm), die einen Zeitraum von 4000 Jahren und Ablagerungen des späten Präboreals bis zum jüngeren Atlantikum repräsentieren, konnten MATSCHULLAT et al. (1992) Backgroundwerte für den Bereich der Oker ermitteln

(Tab. 3), die jedoch deutlich vom geochemischen „Standard Background“ nach TUREKIAN & WEDEPOHL (1961) abweichen (Tab. 3).

Das Einsetzen des Bergbaus im Harz läßt sich durch eine Zunahme der Schwermetallkonzentrationen im Sediment belegen, die durch den 30jährigen Krieg unterbrochen wurde (Konzentrationsrückgang der Schwermetalle um 1630). Ein sprunghafter Anstieg der Gehalte um 1880 ist mit der Erschließung des „Neuen Lagers“ im Ram-melsberg und der hieraus gesteigerten Förderung und Produktion sowie effektiveren Aufbereitungstechniken verbunden. Sekundäre An- und Abreicherungen bzw. Verlagerungen der Schwermetalle innerhalb des Profils werden weitestgehend ausgeschlossen, da die Elemente Chrom und Nickel im gesamten Bohrkern homogen verteilt sind. Daraus schließen MATSCHULLAT et al. (1992), daß die Elemente Kupfer, Blei und Zink ebenfalls nicht sekundär an- oder abgereichert sein können.

Im Gegensatz zum nördlichen Harzrand, wo durch das Auftreten unterschiedlicher Gesteinsarten sowie Gesteine und Halden die Schwierigkeit besteht, die geogenen und anthropogenen Beeinflussungen in Sedimenten zu differenzieren, stellt der großräumige Brockengranit einen relativ einheitlichen geogenen Untergrund dar. Zur Charakterisierung des geogenen Untergrundes wurden von ROOSTAI (1997) aus diesem Gebiet 49 Gesteins- und 243 Bachsedimentproben ($<63 \mu\text{m}$) entnommen und analysiert. Die Schwermetallkonzentrationen der Bachsedimente (Ilse, Radau, Ecker) sind in Tabelle 3 dargestellt.

Um die anthropogene Anreicherung der Schwermetalle abzuschätzen, muß auch der geogene Grundgehalt bekannt sein. An den Standorten Heiningen und Vienenburg ist die Frage nach dem geogenen Background problematisch, da die Auensedimente aus einem relativ großen, geologisch und mineralogisch inhomogenen Einzugsgebiet stammen und durch Bergbauaktivitäten beeinflusst sind. Somit kann der geogene Background beider Standorte erheblich von den allgemeinen Standards abweichen. Zur Bestimmung der geogenen Grundgehalte wurden aus einer Tiefe von 2,50 bis 3,00 m u. GOK (Standort Heiningen) bzw. 1,30 bis 1,80 m u. GOK (Standort Vienenburg) jeweils 5 Proben entnommen und die Feinsandfraktion analysiert. Die gewonnenen Werte wurden als „hypothetischer Background“ definiert (Tab. 3). Die Proben entstammen den Untersuchungsflächen Heiningen Acker bzw. Vienenburg Grünland, die in den tieferen Bodenhorizonten die geringsten Schwermetallkonzentrationen an den jeweiligen Standorten aufweisen (Kap. 6.2.1 und 6.2.2).

3.2.3 Die Schwermetallgehalte am Standort Vienenburg als Maßstab für Belastungen der Böden am Standort Heiningen?

Die vorliegende Arbeit verfolgt einen anderen Weg als MATSCHULLAT et al. (1992) und ROOSTAI (1997). Sie ist weniger am absoluten Ausmaß der Schwermetallkonzentrationen orientiert, als vielmehr — gemäß einer ihrer Aufgabenstellungen — an horizontalen und vertikalen Verteilungsmustern. Diese sind mit der Schwermetallverteilung in 1000 Jahre alten und älteren Sedimenten nicht vergleichbar. Eine angemessene Bewertung der Verhältnisse am Standort Heiningen verlangt den Vergleich mit Referenzgebieten, die die gleiche pedogenetische Entwicklung durchlaufen haben, geologisch und hydrogeologisch ähnlich sind, den gleichen Nutzungsarten unterliegen, aber möglichst unbelastet sind.

Nach EGGERS (1996), ADLERS-FLÜGEL (1996), BOTTERBROD (1996) und GERKHEN (1997) sind beispielsweise die Auen-, Schwebstoff- und Flußsedimente der Ecker gegenüber denen der anderen niedersächsischen Harznor-

drandflüsse am geringsten mit Schwermetallen belastet. Da im Einzugsgebiet der Ecker die Erzaufbereitung und -verhüttung zu Beginn der Neuzeit eingestellt und diese Tätigkeiten auf die eigentlichen Bergbaureviere konzentriert wurden, stellten sich bis heute in den Sedimenten der Ecker zwar nicht die ursprünglichen geogenen — im Gegensatz zu den Sedimenten anderer Harznordrandflüsse — dem natürlichen Ökosystem aber bereits wieder vergleichbare Verhältnisse ein. So liegen z.B. in den Auenböden der Ecker die Schwermetallkonzentrationen nur noch fallweise über den für Kulturböden empfohlenen Richtwerten.

Dies macht den Standort Vienenburg als Referenzgebiet geeignet. Daß seine Böden nicht den geogenen Background im klassischen Sinn repräsentieren, wird bewußt in Kauf genommen.

3.3 Korngrößenproblematik

Schwermetalle in Sedimenten sind je nach Sedimentart in unterschiedlichen Kornfraktionen konzentriert. Generell wurde in früheren Publikationen zur Beurteilung von Schwermetallbelastungen der Sedimente die $<2\ \mu\text{m}$ -Fraktion (Tonfraktion) berücksichtigt, da in ihr Schwermetalle in der Regel am stärksten angereichert und Korngrößeneffekte weitestgehend ausgeschaltet sind (FÖRSTNER & MÜLLER 1974).

Da die Abtrennung der $2\ \mu\text{m}$ -Fraktion durch das ATTERBERG-Verfahren jedoch sehr zeitaufwendig ist, wird von einer Anzahl von Autoren die $<20\ \mu\text{m}$ -Fraktion (Naßsiebung im Ultraschallbad) zur Bestimmung der Schwermetallkonzentrationen in Sedimenten und Schwebstoffen bevorzugt (ACKERMANN 1980, ACKERMANN et al. 1983, JÄPPELT & STEFFEN 1984, STEFFEN 1986, 1989, NOE 1990, HELLMANN 1993, MÜLLER et al. 1993).

MÜLLER et al. (1993) vergleichen im Rahmen ihrer Untersuchungen die Schwermetallkonzentrationen der $<2\ \mu\text{m}$ -Fraktion mit der der $<20\ \mu\text{m}$ -Fraktion im Bereich des Neckars und seiner Zuflüsse anhand von 267 Proben und zeigen, daß eine Umrechnung der Schwermetallkonzentrationen von der gröberen in die feinere Fraktion mittels linearer Regression möglich ist, jedoch stark von der Qualität der Korrelationskoeffizienten abhängt. So kann die $<2\ \mu\text{m}$ -Fraktion gegebenenfalls künftig durch die $<20\ \mu\text{m}$ -Fraktion ersetzt werden, ohne auf eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit denen älterer Arbeiten und abgeleiteten Igeo-Klassen verzichten zu müssen. Die Beschränkung auf diese Fraktionen hat ihren Ursprung in der Ästuarforschung sowie in der Untersuchung zur Schwebstoffbelastung von Fließgewässern, also in Bereichen, in denen primär ein hoher Anteil an feinkörnigen Sedimenten transportiert bzw. abgelagert wird.

Demgegenüber werden Schwermetallkonzentrationen in Böden und Flußsedimenten, die ein gröberes Kornspektrum aufweisen, häufig in der $<63\ \mu\text{m}$ -Fraktion (BAUMANN et al. 1977, FAUTH et al. 1985, FÖRSTNER & SALOMOONS 1980, SALOMOONS & FÖRSTNER 1984, MATSCHULLAT et al. 1991, ROOSTAI & SIEWERS 1993) und in der $<6\ \mu\text{m}$ -Fraktion bestimmt (KÖSTER & D. 1980, KÖSTER & MERKEL 1985, EBERHARDT 1988).

Für Untersuchungen zur Festlegung, zur Remobilisierung sowie zum Verhalten der Schwermetalle bei wechselnden Ex- und Infiltrationsbedingungen bei der Uferfiltration im Bereich des Neckars wurden von ARTHEN (1992) und BRAND (1989) in der Hauptsache die $<125\ \mu\text{m}$ -Fraktion für geochemische Untersuchungen genutzt. Zur Erstellung von geochemischen Katastern, die eine hohe Probenanzahl erfordert und in Bereichen durchgeführt wird, in denen nur geringe Feinkornanteile vorhanden sind (Oberläufe von Gebirgsflüssen, Haldengebiete, sandige Böden), ist es oft sogar zweckmäßig, die Bestimmung der Schwermetallkonzentrationen in der $63\ \mu\text{m} - 125\ \mu\text{m}$ -

Fraktion (Feinsand) vorzunehmen. So wurden in mehreren Untersuchungsgebieten des Harzes die Schwermetallkonzentrationen in der 63 μm - 125 μm Fraktion (Feinsand) von BAHLMANN & MENZEL (1994); GOLL & REUPKE (1990), BRODE & REUTER (1990), KAHMANN (1993), LEHNEN & LOTZE (1993) bestimmt.

NOE (1990) ermittelte die Schwermetallkonzentrationen in definierten Kornfraktionen, um Korngrößen, die die Schwermetallbindung deutlich beeinflussen, in die Bewertung von Böden einbeziehen zu können. Wie NOE herausfand, werden in der <2 μm -Fraktion 50 bis 60 %, in der <6,3 μm -Fraktion 66,5 bis 77,4 % und in der <20 μm -Fraktion 77,6 bis 84,8 % der Schwermetalle gebunden. Zwar haben die feinen Kornfraktionen aufgrund ihrer Adsorptionskapazität, ihrer spezifischen Oberfläche und ihrer mineralogischen Zusammensetzung in der Regel das größte Aufnahmevermögen für Schwermetalle, fallweise können jedoch — wie NOE für Böden im Neckargebiet feststellte — in der gröberen Fraktion höhere Schwermetallgehalte (z. B. Cadmium) vorliegen als in der feineren. Weitere Arbeiten über die Beziehungen von spezifischer Oberfläche und Korngrößenverteilung zu Schwermetallkonzentrationen in Sedimenten stammen von HOROWITZ & ELDRICK (1987, 1990).

Zwar empfiehlt die Oslo/Paris-Kommission in ihren Richtlinien zur Probenahme und Analytik von Sedimenten die Standardisierung auf die Fraktion <63 μm (MÖLLER-LINDENHOF & REINICKE 1991), letztendlich herrscht jedoch keine einheitliche Meinung darüber, welche Kornfraktion am besten zur Beurteilung anthropogener Einflüsse geeignet ist. Nach MATSCHULLAT (1989) ist es entscheidend, daß die Vergleichbarkeit der eigenen Analysen mit denen ähnlicher Forschungsarbeiten und Untersuchungsmethoden gegeben ist.

Aus diesem Grund bezieht die vorliegende Arbeit die Feinsandfraktion in die Diskussion mit ein, um die Vergleichbarkeit mit bereits vorliegenden Publikationen zu gewährleisten. Die Tonfraktion erlaubt den Vergleich mit einem überregional gültigen Maßstab („Geoakkumulationsindex“).

3.4 Bindungs- und Mobilitätsverhalten von Schwermetallen

Die Schwermetallbindung in Böden wird, außer von den Korngrößen, durch unterschiedliche, sich gegenseitig beeinflussende geochemische Prozesse und durch den pH-Wert gesteuert. Eine große Rolle spielt die stoffliche Zusammensetzung der Adsorbenten, insbesondere die Anteile an organischer Substanz, Tonmineralen, Oxiden und Hydroxiden. Weitere Einflüsse auf die Metallbindung haben die Bodenlösung, die mikrobielle Aktivität sowie die Kopräzipitation. Auch ist die Mobilität von Schwermetallen in Böden von ihrer Konzentration und Bindungsstärke gegenüber den jeweiligen Adsorbenten, die nach HERMS & BRÜMMER (1984) in der Reihenfolge: $\text{Cd} < \text{Ni} < \text{Co} < \text{Zn} < \text{Cu} < \text{Pb} < \text{Hg}$ zunimmt, abhängig.

3.4.1 Einfluß des pH-Wertes

Die Fixierbarkeit bzw. die Mobilität von Schwermetallen hängt eng mit der Acidität des Milieus — ausgedrückt durch den pH-Wert — zusammen. Grundsätzlich steigt die Löslichkeit von Metallen mit sinkendem pH-Wert an. Während Cadmium und Zink bereits im schwach sauren Milieu in Lösung gehen bzw. nach Versauerungsschüben kurzfristig mobilisiert werden können und in der Bodenlösung dann größtenteils ionar vorliegen (BREDEMEIER et al. 1988), ist die Mobilität von Blei und Kupfer geringer (HERMS & BRÜMMER 1980). Beide Metalle gehen erst bei pH-Werten <4,5 (Kupfer) und <4 (Blei) in Lösung (BLUME & BRÜMMER 1987, BLUME 1990). Nach

CALMANO (1989) steigt die Löslichkeit von Schwermetallen ab pH-Werten <6 in der Reihenfolge: $\text{Hg} < \text{Pb} < \text{Cu} < \text{Mn} < \text{Ni} < \text{Zn} < \text{Cd}$. Für die meisten Schwermetalle existiert ein Grenz pH-Wert, unterhalb dessen eine deutliche Schwermetallmobilisierung beginnt.

Nach (HORNBURG & BRÜMMER 1989) läßt sich die Mobilität der einzelnen Schwermetalle in Abhängigkeit vom pH-Grenzwert wie folgt darstellen: $\text{Cd}(6,5) > \text{Mn}(5,7) > \text{Zn}(5,3-6,0) > \text{Ni}(5,5) > \text{Cu}(4,5) > \text{Pb}(4,0-3,5)$.

3.4.2 Einfluß der organischen Substanz

Die im Boden vorkommenden Huminsäuren verfügen — bedingt durch ungesättigte Ladungen — über hohe Kationenaustauschkapazitäten und können daher als Komplex- oder Chelatbildner wirken (BUNZL et al. 1976, CHEN et al. 1978). Die Komplexbildung von Metallen mit Huminstoffen beruht auf funktionellen Gruppen, die mit festen und gelösten anorganischen Stoffen in Wechselwirkung treten können (KERNDORFF & SCHNITZER 1980). Nach HILLER & BRÜMMER (1997), die Mikrosondenuntersuchungen an der organischen Substanz belasteter Böden durchführten, wird die unterschiedliche Neigung von Schwermetallen, sich an Huminstoffen anzureichern, durch die Affinitätssequenz $\text{Cu} > \text{Pb} \geq \text{Cd} > \text{Zn} \geq \text{Ni} > \text{Co}$ ausgedrückt. Vor allem Blei und Kupfer sind stark an die organische Substanz gebunden und bilden mit ihr relativ stabile Komplexe. Kommt es zu einer Verlagerung von Huminstoffen werden Blei und Kupfer mitverlagert, bis wieder ein pH-Niveau erreicht wird, das eine Fixierung der Komplexe an Adsorbenten ermöglicht.

HERMS & BRÜMMER (1984), die die Bindung unterschiedlicher Schwermetalle an Huminsäuren untersucht haben, stellten fest, daß im sauren Milieu ($\text{pH} < 5$) Cadmium und Nickel stärker durch Huminsäuren adsorbiert werden, als beispielsweise Zink, das erst im neutralen bis schwach alkalischen Bereich zunehmend stärker gebunden wird, d. h. daß die Stärke der Bindung von Schwermetallen an Huminstoffe ebenfalls vom pH-Wert abhängt. Bei steigendem pH-Wert (neutrales bis schwach alkalisches Milieu) und dadurch zunehmender Löslichkeit der organischen Substanz konnten sie eine z. T. deutliche Mobilisierung von Schwermetallen in Form löslicher metallorganischer Komplexe feststellen. Lösliche organische Substanzen, an die Schwermetalle komplexiert sind, können ihrerseits wiederum an mineralische Oberflächen adsorbiert oder von ihnen desorbiert werden. So ist der Einfluß der organischen Substanz auf die Schwermetalllöslichkeit nicht zuletzt auch vom Mineralbestand des Bodens abhängig. HILLER & BRÜMMER (1997) weisen darauf hin, daß in stärker versauerten humosen Oberbodenhorizonten die Pb- und Cd-Bindung durch die organische Substanz in starker Konkurrenz zu den pedogenen Oxiden steht.

3.4.3 Einfluß des Tongehaltes

Generell kommt es bei Reaktionen zwischen Tonmineralen und Schwermetallen zu randlichen Anlagerungen bzw. zu Einlagerungen von Metallionen in das Kristallgitter der Tone; auch sind Desorptionen möglich. Unterschieden wird zwischen der physikalischen, unspezifischen Adsorption und der chemischen oder polaren, spezifischen Adsorption. Erstere beruht vorwiegend auf den van der Waal'schen Kräften und auf Ion-Dipol bzw. Dipol-Dipol-Bindungen und hat eher den Charakter einer Benetzung der Tonoberfläche, bei relativ schwachen Bindungsenergien. Die Mechanismen der spezifischen Adsorption oder Chemisorption können in eine Kationenadsorption, Anionenadsorption und eine Adsorption an organischen Stoffen unterteilt werden. Als Ursache für die spezifische

Adsorption werden nach HARMSSEN (1977) kleinräumig wirkende elektrostatische Kräfte mit Dipolwirkung sowie die Ausbildung chemischer Bindungen angesehen. Die Kationen werden entweder zwischen den Schichten oder an den Tonmineralrändern adsorbiert. Als Bindungspositionen fungieren OH-Gruppen, die in Abhängigkeit vom pH-Wert positive ($-\text{OH}_2^+$), neutrale ($-\text{OH}$) oder negative ($-\text{O}^-$) Ladung annehmen und die Schwermetalle adsorbieren. Der Einbau der Kationen in die Tonmineralschichten ist also abhängig von der Schichtladung, der Wertigkeit, der Größe und von den Konzentrationen der auszutauschenden Kationen, während die randliche Adsorption auf Kondensationsreaktionen hydrolysierter Metalle aus der Bodenlösung beruht, die pH-abhängig ist. Nach KOHLER & MORTEANI (1984) macht die Adsorption zwischen den Schichten ca. 80 %, die randliche Adsorption ca. 20 % des Gesamtkationenaustauschs aus. Die Adsorption der Schwermetalle an Tonminerale ist jedoch stark abhängig von deren quantitativer Zusammensetzung. Nach FARAH et al. (1980) nimmt die Adsorptionskapazität der wichtigsten Tonminerale in der Reihenfolge: Kaolinit < Chlorit < Illit < Montmorillonit < Vermiculit zu. Dabei werden die Metalle in der Reihenfolge $\text{Pb} > \text{Cd} > \text{Zn}$ gebunden. Untersuchungen von LOTHENBACH et al. (1997) ergaben, daß Al-Montmorillonite innerhalb bestimmter pH-Bereiche in der Lage sind, Schwermetalle effektiv zu binden. Für Nickel und Zink geben die Autoren pH-Bereiche zwischen 6 und 8 an, für Kupfer zwischen 4 und 6 und für Cadmium zwischen 7 und 9. In Tabelle 4 sind die spezifischen Austauschkapazitäten von sorptionsaktiven Substanzen aufgeführt.

Material	spez. Oberfläche [m^2g^{-2}]	Austauschkapazität [mval 100g $^{-2}$]
Calcit (<2 μm)	12,5	
Kaolinit	10 - 50	3 - 15
Illit	30 - 80	10 - 40
Chlorit	-	20 - 50
Montmorillonit	50 - 150	80 - 120
frisch gefällte Fe-Oxide	300	10 - 25
amorphe Kieselsäure	-	10 - 30
Humussäuren (aus Böden)	1900	170 - 590

Tabelle 4: Spezifische Oberflächen und Austauschkapazitäten von sorptionsaktiven Substanzen (aus: CALMANO (1989), nach GRIM (1968))

FILIPINSKI & KUNTZE (1990) untersuchten den Einfluß des pH-Wertes auf die Löslichkeit von Cadmium und Zink bei unterschiedlichen Tongehalten im Boden (10 % bzw. 40 %). Bei pH-Werten unter 5,5 gingen beide Schwermetalle verstärkt in Lösung. Der Einfluß des Tongehaltes auf die Zinklöslichkeit ist oberhalb eines pH-Wertes von 5 gering, unterhalb von 5 dagegen mit dem Grad der Versauerung stark zunehmend. Cadmium zeigte bei fallendem pH-Wert nur in Anwesenheit geringer Tongehalte (10 % statt 40 %) eine deutliche Löslichkeitszunahme.

3.4.4 Einfluß von Eisen- und Manganoxiden und -hydroxiden

Nach BRÜMMER et al. (1983) besitzen Eisen- und Manganoxide bzw. -hydroxide hohe Bindungskapazitäten für Schwermetalle, da sie — wie auch organische Substanzen — über einen hohen Anteil an variablen Ladungen verfügen. Zwar ist die Bindungskapazität der Manganoxide höher als beispielsweise die der Eisenoxide, jedoch treten Eisenoxide — insbesondere in hydromorphen Böden (z.B. Gleye) — häufiger auf und können deshalb

das Bindungsverhalten von Schwermetallen ebenfalls nachhaltig beeinflussen. Nach GERTH & BRÜMMER (1981) und BRÜMMER et al. (1983) steigt die Adsorptionsfähigkeit von Oxiden bzw. Hydroxiden für Schwermetalle in der Reihenfolge: $\text{Cd} < \text{Ni} < \text{Zn} \ll \text{Pb}$.

Die Schwermetalle werden zunächst an der Oberfläche der Oxide/Hydroxide adsorbiert. Da Eisen- und Mangan-oxide durch Anlagerung von Ionen weiterwachsen und Konkretionen bilden können, werden die Schwermetalle schließlich in die Oxide inkludiert und fest gebunden. Durch Änderungen des Bodenmilieus, beispielsweise durch Vernässung, wie sie in Gleyen häufig ist, können die Schwermetalle freigesetzt werden, da die Eisen (III)-und Mangan (III, IV)-Oxide reduktiv aufgelöst werden.

3.4.5 Einfluß der Boden- und Milieuparameter auf das Bindungs- und Mobilitätsverhalten der Schwermetalle

Zink ist in unbelasteten A-Horizonten bei mäßig bis schwach saurer Bodenreaktion zu 40 bis 60 % an Organika gebunden. Bei einem Anstieg des pH-Wertes auf >7 nimmt die Zinkaffinität gegenüber Fe- bzw. Mn-Oxiden zu und kann in unbelasteten Böden einen Anteil von 40 bis 70 %, in schwermetallbelasteten Böden bis 85 % des Gesamtzinks erreichen (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1998). Untersuchungen von ZEIN & BRÜMMER (1989) zufolge, ist Zink in Böden überwiegend silikatisch gebunden, die Affinität zur organischen Substanz ist vergleichsweise — gegenüber den Untersuchungen von SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (1998) — geringer. Zu gleichen Ergebnissen kommen auch GISI et al. (1997) und MCBRIDGE et al. (1997), die die Affinität von Zink zu organischen Komplexbildnern — im Vergleich zu anderen Schwermetallen — als gering einzustufen. Nach GERTH (1985) findet darüberhinaus eine verstärkte Zinkeinlagerung in aufgeweitete Smectite statt. Bei pH-Werten unter 5 nimmt die Zinkaffinität gegenüber Huminstoffen und Oxiden stark ab, bleibt gegenüber Tonmineralen jedoch relativ hoch.

Das Löslichkeitsverhalten von **Cadmium** ist überwiegend pH-abhängig. Bereits bei pH-Werten unter 6,5 geht es in Lösung. Wie GERTH (1985) nachweisen konnte, wird Cadmium bei neutraler Bodenreaktion am stärksten durch Eisenoxide adsorbiert. Einen weiteren Einfluß auf sein Bindungsvermögen hat die organische Substanz. Bei einem pH-Wert von 5 wird Cadmium am stärksten von der organischen Substanz adsorbiert (GERTH 1985). Zu diesem Ergebnis kamen auch HERMS & BRÜMMER (1980), die vor allem in sauren Waldböden eine durch die organische Substanz bedingte Herabsetzung der Cd-Löslichkeit gegenüber der mineralischen Bodenkomponenten feststellten. Dies wird auch von ALLOWAY (1999) bestätigt, der darauf hinweist, daß Cadmium zwar Anionenkomplexe mit Humus- und Fulvosäuren bildet, diese jedoch weniger stabil sind, als die von Blei und Kupfer.

Blei wird von allen Schwermetallen am stärksten durch Eisen- und Manganoxide im Boden fixiert und hat eine mit zunehmendem pH-Wert (ab >5) ansteigende Bindungskapazität, so daß bei mäßig saurer bis alkalischer Bodenreaktion bis zu 85 % des Bleis in oxidischer Form vorliegen können (DUES 1987). Im stark sauren Milieu ($\text{pH} < 4,5$) treten dagegen als Bindungspartner die Huminstoffe in den Vordergrund; in sauren Waldböden können bis zu 80 % des Gesamtbleis an die organische Substanz gebunden sein (DUES 1987). In Böden mit hohen C_{org} -Gehalten ist seine Löslichkeit deutlich geringer als in Böden mit niedrigen C_{org} -Gehalten. Unter teilweise reduzierenden Bedingungen bewirken lösliche Komplexbildner (Karbonsäuren, wasserlösliche Fulvinsäuren) eine

Mobilisierung durch die Ausbildung von Blei-Chelatkomplexen. Dem kann nach KRÜGER et al. (1995) jedoch die Bildung schwerlöslicher Bleisalze entgegenstehen.

Kupfer liegt in A-Horizonten des gemäßigt humiden Klimabereichs zu 25 bis 75 % in organischer Bindung vor, 15 bis 70 % können an Eisen- bzw. Manganoxide und 1 bis 10 % an Silikate gebunden sein (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1998). Bei pH-Werten unter 6 ist Kupfer größtenteils an die organische Fraktion geknüpft. In Unterbodenhorizonten dagegen kann Kupfer bis zu 80 % an Oxide und zwar hauptsächlich an oft schlecht kristallisierte Fe-Oxide gebunden oder bis zu 40 % im Gitter von Silikaten enthalten sein. Beispielsweise kann Kupfer in Konkretionen in hydromorphen Böden im Vergleich zu den übrigen Bodenhorizonten um das achtfache angereichert sein. Außer der Affinität zu den Fe-Mn-Oxiden, spielt für die Kupferfixierung die organische Komponente sowohl im Solum als auch in der Bodenlösung eine große Rolle. So können Untersuchungen von TERMINGHOFF et al. (1997) belegen, daß im sauren Milieu (pH 3,9) Kupfer in der Bodenlösung zu 30 % vom gelösten organischen Kohlenstoff (DOC) gebunden wird.

Untersuchungen am Vertikalprofil von Böden der Muldeau zu Folge (KRÜGER et al. 1995) wird die Mobilität und Verfügbarkeit von **Mangan** nicht nur vom Humusgehalt und vom pH-Wert sondern auch vom jeweiligen Redoxpotential des Bodens beeinflusst: In Laborexperimenten konnte bereits bei Redoxpotentialen von 0,35 bis 0,45 eine Reduktion der Manganoxide zu Mn^{2+} -Ionen unter neutralen Bedingungen nachgewiesen werden (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1998). In Böden liegt Mangan zumeist in Form von Manganoxiden vor; es kann vor allem an Eisenoxide adsorbiert und in organischen Komplexen gebunden sein, wobei Mn-Oxide und Fe-Oxide häufig assoziiert auftreten; Mn-Oxide können Schwermetalle wie beispielsweise Cadmium, Blei, Zink und Nickel akkumulieren. Dies wird auch durch Mikrosondenuntersuchungen von BRÜMMER et al. (1994) belegt, die eine starke Anreicherung von Spurenelementen in den Mn-Oxiden nachwiesen.

In Abhängigkeit vom Redoxpotential und vom pH-Wert der Böden kann **Chrom** sowohl in dreiwertiger als auch in sechswertiger Form auftreten. Chrom (VI) tritt in Form von Anionen auf und kann daher leichter aus den Bodenpartikeln extrahiert werden und wird als die stärkere toxische Spezies angesehen; Chrom (III) ist vergleichsweise weniger mobil. Aufgrund des hohen Redoxpotentials wirkt Chrom (VI) stark oxidierend, so daß es in Gegenwart von organischem Material zu Chrom (III) reduziert wird, wobei die Reduktion in sauren Böden schneller abläuft als in alkalischen. In den meisten Böden überwiegt das schlecht lösliche und weniger mobile Chrom (III), das an schwerlösliche Hydroxide oder Oxide gebunden ist. Diese Aussage konnte auch von KRÜGER et al. (1995) belegt werden. Die Autoren weisen eine bevorzugte Bindung von Chrom an Eisenoxide und an Silikate nach. Weitere Untersuchungen zum Sorptionsverhalten von Chrom finden sich bei PETTERSON et al. (1997), WITTBRODT & PALMER (1996), GROSSL et al. (1997), PETTINE et al. (1998), SEDLAK & CHAN (1997).

Unter oxidierenden Verhältnissen liegt **Eisen** im Boden als Fe(III)-Oxid, in silikatischer sowie in organomineralischer Bindung vor. Unter reduzierenden Verhältnissen prädominieren Eisen(II)-hydroxide gegenüber Fe(III)-Oxiden. Hierauf beruht z. B. die Ausprägung redoxmorpher Merkmale in Böden. Unter reduzierenden Bedingungen werden in Böden vor allem amorphe und kristalline Eisen(III)- und Mangan(III)-Hydroxide mikrobiologisch in besser lösliche der zweiwertigen Form umgewandelt. Dabei können die im Gitter gebundenen Schwermetalle freigesetzt oder, bei sehr niedrigen Redoxpotentialen und bei der Anwesenheit von Sulfidschwefel, in schwerlösliche Sulfide überführt werden. Wie BRÜMMER et al. (1994) zeigen konnten, besitzen Fe-Oxide aufgrund der hohen

spezifischen Oberfläche höhere Adsorptionskapazitäten als andere potentielle Adsorbenten (z.B. Tonminerale, organische Substanz) und vermögen daher beträchtliche Mengen an Schwermetallionen zu binden. KRÜGER et al. (1995) zufolge ist in unbelasteten Böden v.a. Eisen selbst überwiegend an die Fe-Oxide geknüpft. Desweiteren belegen KRÜGER et al. eine deutliche Affinität des Eisens (max. 21 %) zur organischen Substanz (Huminsäuren) in den A_h-Horizonten ihres Untersuchungsgebietes.

Vanadium wird vorrangig in Minerale der magmatischen Frühausscheidung wie Magnetit, Titanminerale und Chromit eingebaut. Im Gitter primärer und sekundärer Minerale tritt Vanadium meist in dreiwertiger Form auf, wird aber während der Bodenbildung zu V⁴⁺ und V⁵⁺ aufoxidiert. Besonders das fünfwertige Vanadium ist über einen weiten pH-Bereich mobil (HOPKINS et al. 1977). Die Ausfällung von freiem Vanadium im Boden erfolgt nach CHESIRE et al. (1977) vor allem durch Reduktion an organischer Substanz. Versuche von CHESIRE et al. (1977) zur konkurrierenden Sorption gleich hoch konzentrierter Metallkationen an Huminstoffe zeigen, daß nur Kupfer und Aluminium durch Humin- und Fulvinsäuren stärker als Vanadium komplexiert werden.

Metall	Grenz-pH	Substratbedingte Bindungsstärke unterhalb Grenz-pH durch		
		Humus	Ton	Sesquioxide
Cd	6,0	4	2	3
Mn	5,5	2	3	3
Ni	5,5	3,5	2	3
Co	5,5	3	2	3
Zn	5,5	5	4	4
Al	5,5	5	4	4
Cu	4,5	5	3	4
Cr(III)	4,5	5	4	5
Pb	4	5	4	5
Hg	4	5	4	5
Fe(III)	3,5	5	5	-

Tabelle 5: Relative Bindungsstärke für Metallionen in Abhängigkeit von Bodenbestandteilen bei gegebenem Grenz-pH; Relative Bindungsstärke: 1 = sehr gering, 2 = gering, 3 = mittel, 4 = stark, 5 = sehr stark (aus: DVWK 1988)

Aluminium tritt in Böden bevorzugt in oxidischer Form auf. Das vorherrschende Al-Oxid ist Gibbsit, der aus der Silikatverwitterung hervorgeht. Daneben existieren amorphe Al-Oxide. Weiterhin kann Aluminium in Eisenoxiden einen Teil des Eisens im Kristallgitter ersetzen. In meßbarer Menge treten Al-Ionen erst unterhalb pH-Werten von 5 bis 4,5 auf, da dann eine zunehmende Auflösung von Al-Hydroxiden und eine Zerstörung von Tonmineralen und Silikaten stattfindet. In humosen Horizonten können die Al-Ionen durch Huminstoffe und durch den Einbau in die Zwischenschichten von aufgeweiteten Tonmineralen unter Bildung von Al-Chloriten festgelegt werden. In humusarmen Unterbodenhorizonten wird freigesetztes Aluminium an SO₄²⁻- und OH⁻-Ionen unter Bildung von Hydroxy-Al-Sulfat und Hydroxy-Al-Ionen fixiert (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1998). Weitere Arbeiten zum Bindungsverhalten von Aluminium liegen von VAN DE SAND & FISCHER (1996) vor. Die Autoren untersuchten in 10 Bodenhorizonten die Bedeutung amorpher Al-Verbindungen für Al-Freisetzungsraten in karbonatfreien, sandigen Böden. Sie stellten fest, daß in acht Bodenhorizonten die Al-Freisetzung mit einer entsprechenden Abnahme des organisch gebundenen Al-Anteils verknüpft ist. Für die beiden anderen Horizonte konnte die Al-Mobilisierung etwa je zur Hälfte auf die Auflösung organischer amorpher Al-Verbindungen zurückgeführt werden.

Zur Kennzeichnung der Empfindlichkeit von Böden gegenüber Schwermetallbelastungen enthält Tabelle 5 die relativen Bindungsstärken für Metallionen in Abhängigkeit von Bodenbestandteilen bei gegebenem Grenz-pH. Sie gründet sich auf Ergebnisse von BLUME & BRÜMMER (1987).

4 Beschreibung der Standorte Heiningen und Vienenburg

4.1 Lage und Hydrographie der Standorte

Die Standorte Heiningen und Vienenburg liegen im nördlichen Harzvorland im Einzugsbereich der Oker und werden land- und forstwirtschaftlich genutzt. Aufgrund ihrer Lage in den Flußauen der Oker (Heiningen) bzw. Ecker (Vienenburg) sind die anstehenden Böden das Ergebnis vergleichbarer pedogenetischer Prozesse. Die Lage der Untersuchungsgebiete ist der Übersichtskarte (Abb. 1) und Tab. 6 zu entnehmen.

Untersuchungsgebiet	Kürzel	Hochwert/Rechtswert		Ausdehnung
		min	max	
Heiningen-Acker	HA	4401100 / 5769950	4401270 / 5770150	200 x 300 m
Heiningen-Grünland	HG	4401270 / 5770130	4401500 / 5770400	250 x 300 m
Heiningen-Wald	HW	4401250 / 5771830	4401650 / 5771230	250 x 450 m
Vienenburg-Acker	VA	4403150 / 5758000	4403270 / 5758160	120 x 160 m
Vienenburg-Grünland	VG	4403290 / 5758050	4403470 / 5758280	160 x 180 m
Vienenburg-Wald	VW	5705500 / 5753790	5706620 / 5753920	150 x 70 m

Tabelle 6: Koordinaten und Ausdehnung der Untersuchungsgebiete

4.1.1 Heiningen

Der Standort Heiningen liegt ca. 20 km nördlich des Harzes nahe der Ortschaft Heiningen in der Talaue der Oker (Blatt Schladen Nr. 3929, TK 1:25000). Der Standort besteht aus drei Untersuchungsgebieten (Abb. 2, Tab. 6), deren Böden durch die holozäne Flußgeschichte der Oker geprägt sind.

Die Oker entwässert als Hauptvorfluter das nördliche Harzvorland zur Aller (Weser) und grenzt mit ihrem Einzugsgebiet im Westen an das Innerstegebiet (Salzgitterer Höhenzug als Wasserscheide), im Süden an das Rhumegebiet (Harz als Wasserscheide) und an das Bodegebiet im Osten.

Die Oker entspringt bei Altenau im Oberharz (839 m ü. NN), tritt bei Oker (220 m ü. NN) in das Harzvorland ein und durchfließt eine Strecke von 105 km bis zur Mündung in die Aller bei Müden (46 m ü. NN). Ihr gesamtes Einzugsgebiet bedeckt eine Fläche von 1835 km² (BEZIRKSREGIERUNG BRAUNSCHWEIG 1989).

Die Quellgebiete der zum Einzugsgebiet der Oker zählenden Wasserläufe liegen entweder im südlichen Kahleberg-Sandstein-Komplex des „Oberharzer Devonsattels“ oder im Acker-Bruchberg-Quarzit. Sie durchfließen bis zum Oker-Stausee überwiegend Kieselschiefer, Grauwacken und Tonschiefer. Unterhalb der Ortschaft Oker tritt die Oker in das „Steinfeld“ ein, eine weichselzeitliche Schotterebe (Obere Niederterrasse) aus vorwiegend herzynischen Geröllen (POSNER 1950), die zur Grundwasser- und Kiesgewinnung genutzt wird. Nördlich von Vienenburg umfließt sie den Trias- und Kreideaufbruch des Vienenburger Sattels.

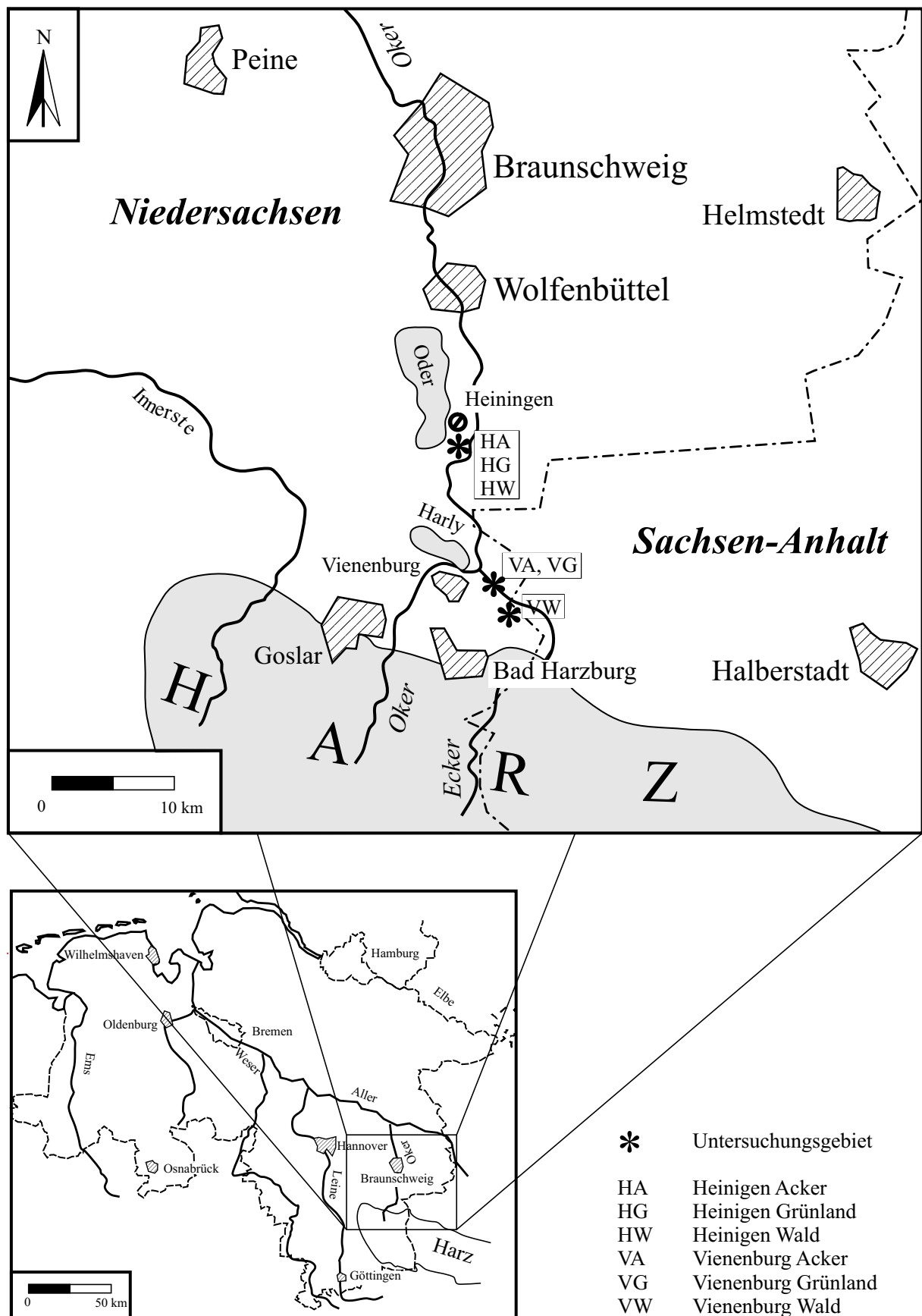


Abbildung 1: Lage der Untersuchungsgebiete

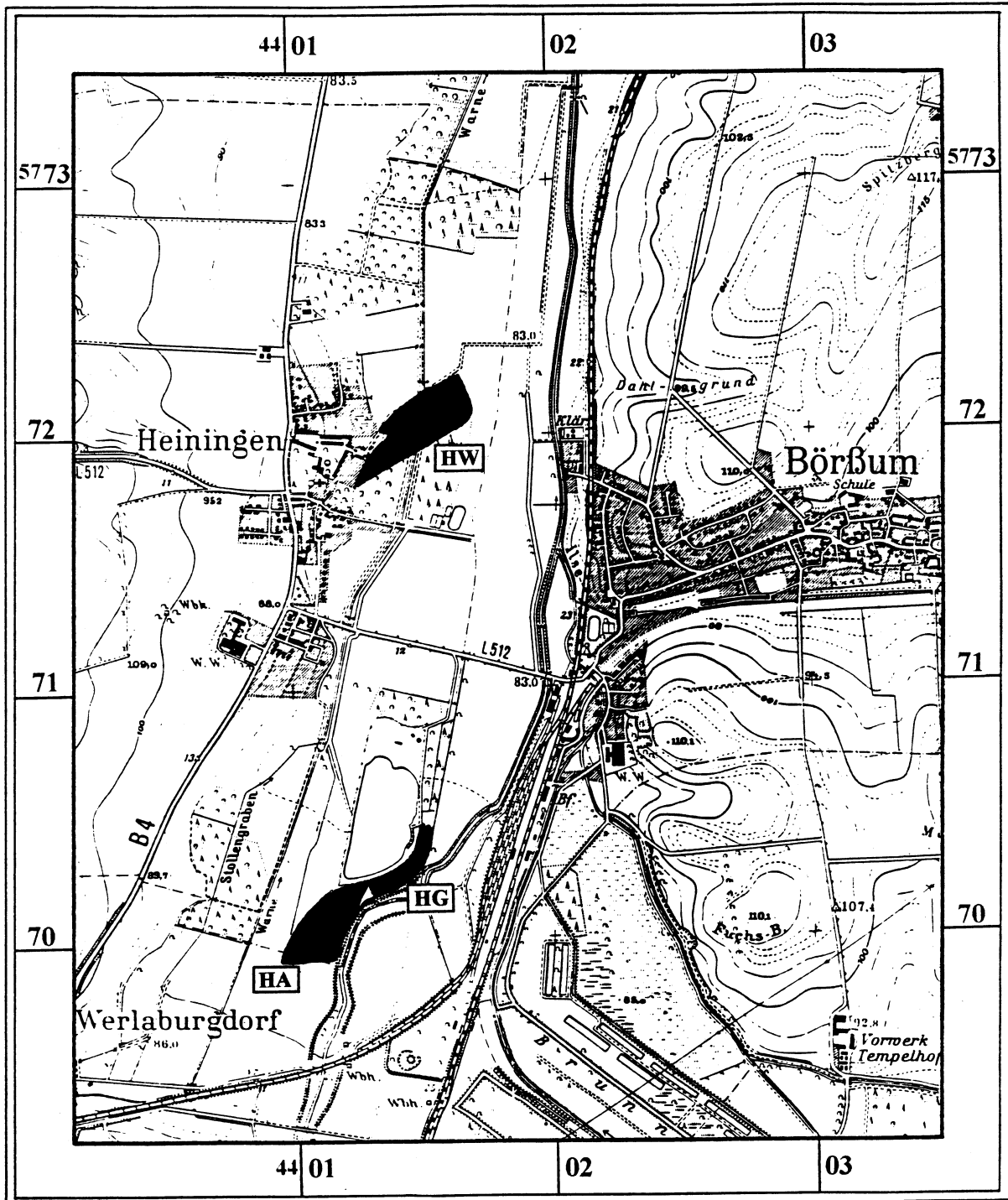


Abbildung 2: Lage der Untersuchungsgebiete Heiningen Acker (HA), Heiningen Grünland (HG) und Heiningen Wald (HW) am Standort Heiningen (Maßstab ca. 1:25000)

Der Mittellauf der Oker beginnt an der Ilsemündung und führt bis Börßum weiterhin durch das „Steinfeld“, das bei Schladen seine größte Breite erreicht. Waren die pleistozänen Sande und Kiese bis zur Weddebachmündung bei Schladen nur lückenhaft von einer holozänen Auenlehmdecke bedeckt, so ist diese bis Braunschweig nunmehr geschlossen verbreitet und lokal bis 6 m mächtig (DRESCHHOFF 1974). Unterhalb von Börßum breitet sich die Tal-aue, deren Ränder beidseitig von kreidezeitlichen Kalken und Mergeln gesäumt werden, zunächst auf ca. 1000 m aus, wird bei Ohrum durch die vom Neindorfer Salzstock herausgehobenen Kreidekalke stark eingeeengt, um sich flußabwärts auf 1500 m Breite auszudehnen. Im weiteren Verlauf verengt sich die Okeraue auf ca. 500 m und wird über Umflutgräben um den Stadtbereich von Wolfenbüttel geführt, mäandriert streckenweise bis nach Braunschweig und wird dort wiederum durch Umflutgräben künstlich weitergeleitet.

Der Unterlauf der Oker beginnt an der Schuntermündung nördlich von Braunschweig (Gr. Schwülper) und ist streckenweise stark begradigt. Eine hügelige Landschaft aus drenthezeitlichen Geschiebelehm und Flußdünen des ausgehenden Spätglazials und Holozäns begleitet ihre Aue im Osten, während der westliche Talrand aus fluviatilen Sanden des Weichselglazials (Niederterrasse) besteht (LOOK 1984). Die holozäne Auenlehmdecke dünnt nun zunehmend aus. Zwischen Diddlese und Müden fließt die Oker wieder in ihrem natürlichen Flußbett, bis sie in die Aller mündet.

4.1.2 Vienenburg

Der Standort Vienenburg östlich der Ortschaft Vienenburg ist ebenfalls in drei Untersuchungsgebiete (Abb. 3 und 4, Tab. 6) aufgeteilt, die ca. 10 km bzw. 5 km nördlich des Harzes liegen (Blatt Vienenburg Nr. 4029 der TK 1:25000). Die anstehenden Böden haben sich aus den Sedimenten der Eckeraue entwickelt.

Das Einzugsgebiet der Ecker vereint auf einer Fläche von 78,8 km² die Zuflüsse zwischen Brocken, Königskrug und Quitschenberg. Sie durchfließt zunächst den westlichen Bereich des Brockengranits, wo teilweise Gefälle bis 8 % (GREVE 1970) auftreten. Ca. 2 km südlich des Molkenhauses wird sie durch die Eckertalsperre gestaut, die in Gesteinen des Eckergneises liegt. Danach durchschneidet die Ecker den Harzburger Gabbro, weiter flußabwärts wiederum den Eckergneis (Glimmerschiefer), dann Ilsegranit und Tonschiefer sowie den Kammquarzit (Acker-Bruchberg) des Unterkarbons. Etwa 2 km südlich der Ortschaft Stapelburg tritt die Ecker in das Harzvorland ein, wo ihr Mittellauf beginnt.

Die holozäne Eckeraue wird im Bereich der Ortschaft Stapelburg von Oberkreidemergeln des Campans gesäumt, die jedoch von drenthezeitlichem Glazifluvial (Mittelterrasse) bedeckt sind und nur lokal — 1 km nördlich von Stapelburg — in einer Mächtigkeit von 5 - 10 m als Prallhang aufgeschlossen sind. Ab Stapelburg wird die Eckeraue von sandigen bis kiesigen, teilweise auch schluffigen Sedimenten der weichselzeitlichen Niederterrasse und im Unterlauf ab Wennerode von ähnlich ausgebildeten Ablagerungen der drenthezeitlichen Mittelterrasse gebildet. Letztere ist ihrerseits von weichselzeitlichem Löß bzw. Lößlehm überlagert. Nach einer Laufstrecke von ca. 38 km mündet die Ecker bei Wiedelah in die Oker.

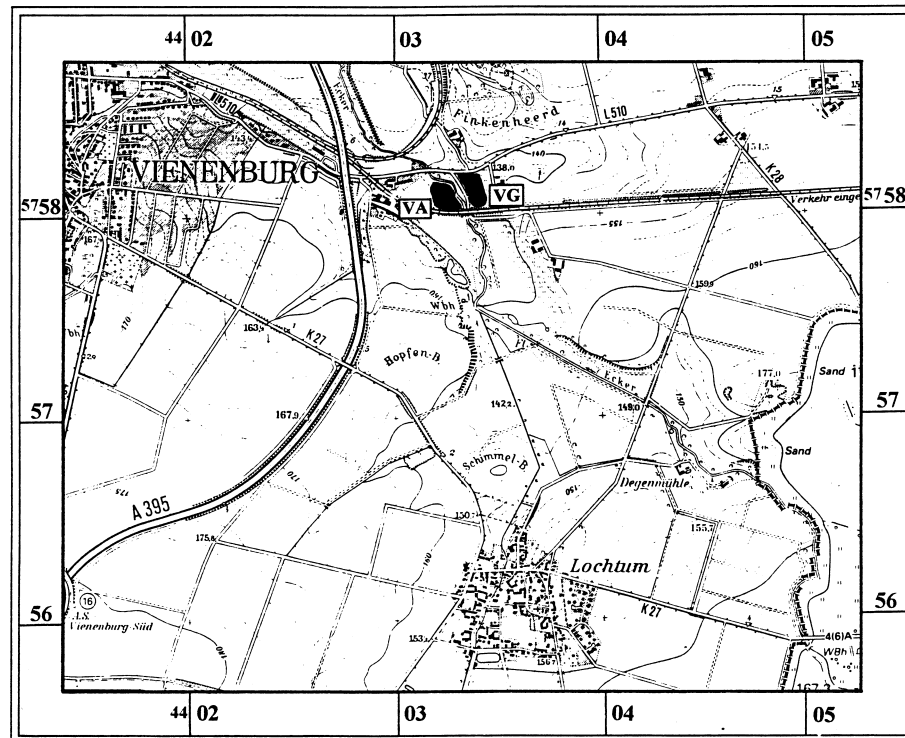


Abbildung 3: Lage der Untersuchungsgebiete Vienenburg Acker (VA) und Vienenburg Grünland (VG) am Standort Vienenburg (Maßstab ca. 1:28600)

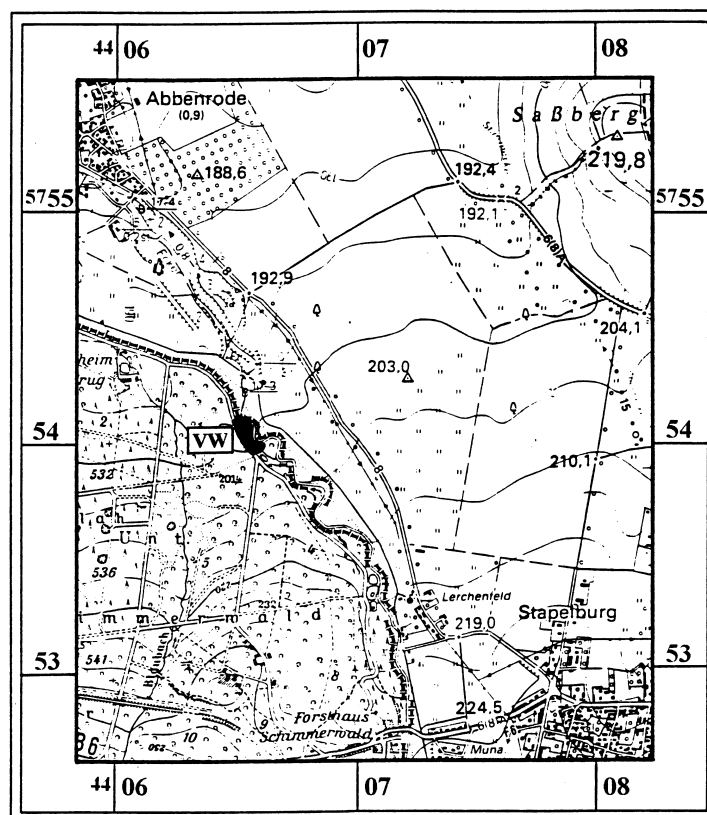


Abbildung 4: Lage des Untersuchungsgebietes Vienenburg Wald (VW) am Standort Vienenburg (Maßstab ca. 1:25000)

4.2 Geologie der Standorte

4.2.1 Heiningen

4.2.1.1 Morphologische und tektonische Strukturen

Der Standort Heiningen (Abb. 5) liegt südlich der rheinisch streichenden Wolfenbütteler Mulde, die im Westen vom Oderwaldsattel und im Osten von den Ausläufern des herzynisch streichenden Asse-Heeseberg-Sattels und der Remlinger Mulde begrenzt wird und Teil des Subherzynen Beckens ist.

Großtektonisch gehört das Subherzyne Becken zum Ostrand der Niedersächsischen Scholle, die sich nach JARITZ (1973) während der Oberkreide zum Niedersächsischen Tektogen entwickelte und außer durch tektonische Bewegungen überwiegend durch Salzstrukturen geprägt ist. Sie streichen herzynisch (Salzgitterer Höhenzug, Harliberg, Asse, Fallstein) bzw. rheinisch (Oderwald) und gliedern das Subherzyne Becken, das im Bereich beider Standorte morphologisch zu einer vorwiegend erosiv und denudativ geformten Ausräumungslandschaft umgestaltet worden ist.

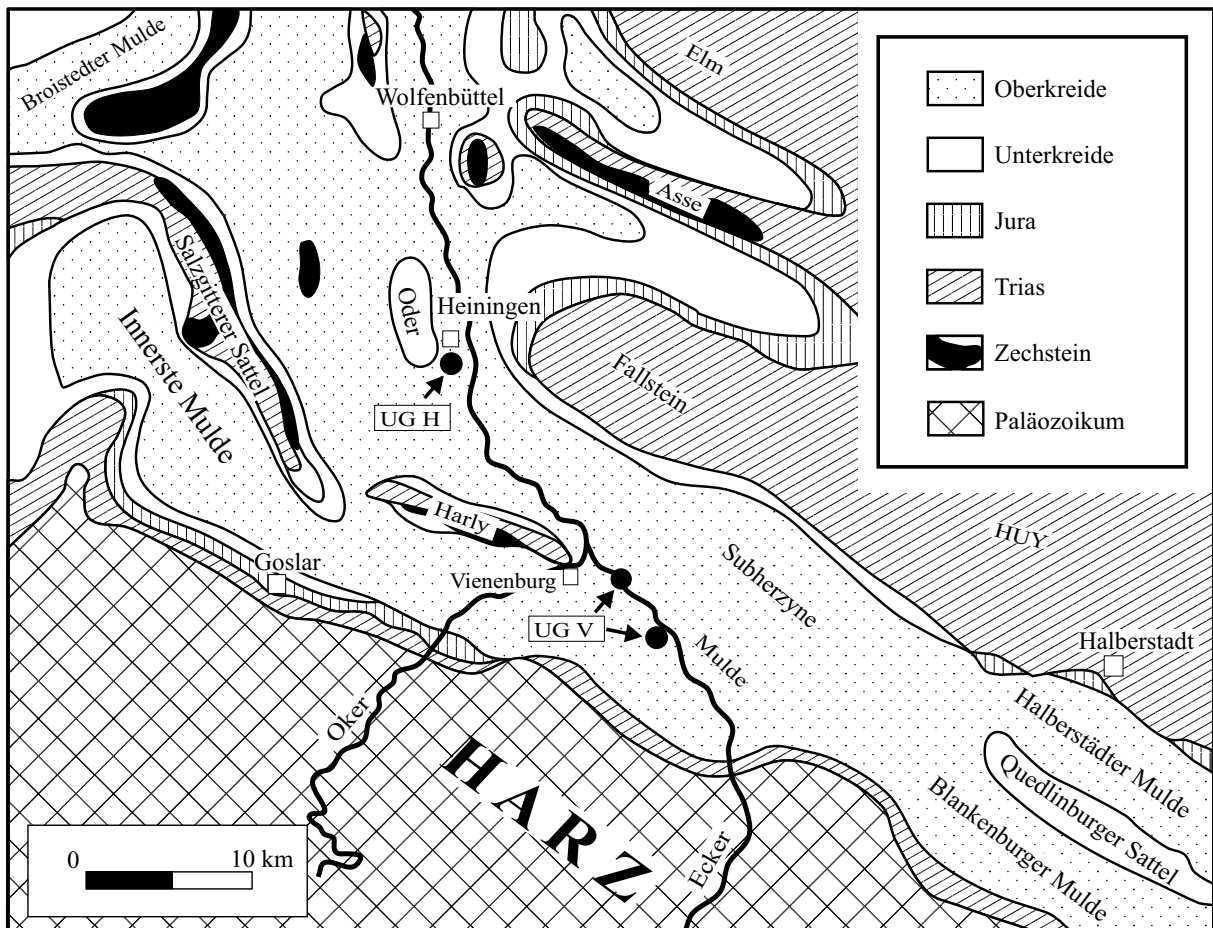


Abbildung 5: Projektion des rezenten Verlaufs von Oker und Ecker auf den präquartären Untergrund (abgedeckte Karte) im nördlichen Harzvorland (aus WALTER (1992), nach BUCHHOLZ et al. (1989), umgezeichnet) UGH = Untersuchungsgebiet Heiningen; UGV = Untersuchungsgebiet Vienenburg

4.2.1.2 Präquartär

Der präquartäre Untergrund besteht überwiegend aus Mesozoikum, das weitgehend von quartären Lockersedimenten überdeckt wird.

Aufgeschlossen sind mesozoische Schichten an den Flanken der Höhenzüge. Während der Elm und der Große Fallstein im wesentlichen aus Muschelkalk bestehen, werden der Kleine Fallstein und der Oderwald von Unter- bzw. Oberkreidesedimenten aufgebaut. In der Harli-Antiklinale ist die Trias mit Buntsandstein und Muschelkalk vertreten; nördlich des Harlis ist eine vom Buntsandstein bis zur Kreide reichende Abfolge aufgeschlossen, der allerdings die Schichten des Keupers und des Jura fehlen.

4.2.1.3 Quartär

Die quartären Ablagerungen am Standort Heiningen (Tab. 7) bestehen hauptsächlich aus alt- und mittelpleistozänen Harzflußablagerungen und elster- bzw. saalezeitlichen glaziären Bildungen (BOMBIEN 1987) sandig-kiesiger Ausbildung mit tonig-schluffigen Zwischenlagen. Die Mächtigkeiten steigen von 10 m am Harzrand auf 60 m bei Börßum an (ICKS et al. 1987). Eine unterschiedlich mächtige Schicht aus weichselzeitlichem Löß- bzw. Lößlehm ist flächenhaft weit verbreitet.

Zeitraum v. Chr. (a)	Allgemeine Gliederung			Ereignis / Ausbildung
ca. 8.000	Holozän			Einschnitte der Flüsse (Auenlehm- bildung)
ca. 115.000	Jung-Pleistozän	Weichselkaltzeit		Niederterrasse (Flußkies) Aufschotterung in Steinfeldern Flugsand, Sandlöß, Talsand, Torf
ca. 125.000		Eem-Warmzeit		Talbildung, Erosion Bodenbildung
ca. 150.000	Mittel-Pleistozän		Warthe- Stadium	Mittelterrasse (Flußkies) (Oberer Harzschotter / Unterer Harzschotter) Schmelzwassersand u. -kies, Ge- schiebelehm, Beckenton
ca. 175.000		Treene- Warmzeit		
ca. 235.000		Saalekaltzeit	Drenthe- Stadium	
ca. 250.000		Holstein-Warmzeit		
ca. 350.000	Alt-Pleistozän	Elster-Kaltzeit		Mittelterrasse, Inlandeis am Harz- rand, Ostharz überschritten, Lauen- burger Ton, Geschiebelehm, Sand, Kies
ca. 750.000		Cromer-Komplex		Torf, Ton, Sand
ca. 1.700.000	Ältest-Pleistozän	Bavel-Komplex		Torf, Ton, Sand
		Menap-Kaltzeit		Sand, Kies
		Waal-Warmzeit		Ton
		Eburon-Kaltzeit		
		Tegelen-Warmzeit		
ca. 2.400.000	Tertiär	Pliozän (Reuver- Stufe)		Sand, Kies, Ton

Tabelle 7: Vereinfachte Gliederung des Quartärs in Niedersachsen (aus: SEEDORF & MEYER (1992), ergänzt nach MOCHA et al. (1991))

4.2.1.3.1 Pleistozän

Charakteristisch für das Pleistozän ist der Wechsel von Kalt- und Warmzeiten, der sich in der Ausbildung von Terrassenkörpern dokumentiert. Diese haben am Standort Heiningen variable Ausdehnung und sind von unterschiedlicher Zusammensetzung. Am nordwestlichen Harzrand und am Standort Heiningen sind es die klastischen Ablagerungen der Saale- und Weichsel-Kaltzeit, die sich in eine Mittel- und Niederterrasse gliedern lassen. Die elsterzeitliche Oberterrasse ist während der Holstein-Warmzeit tiefgreifend erodiert worden und hier nicht mehr anstehend.

Die Saalevereisung ist nur mit drenthezeitlichen Ablagerungen vertreten. Ihr Mittelterrassenkörper ist weitgehend in Erosionsreste aufgelöst und wird in den Tälern der Oker, Radau und Ecker 10 bis 15 m mächtig (HANTKE 1993). Lediglich im Raum Schladen-Isingerode und südlich von Vienenburg (Harli-Harznordrand) ist er flächenhaft verbreitet. Verzahnungen der Mittelterrasse mit glaziären und glazifluviatilen Bildungen, zu denen noch häufig saalezeitliche Kalkfließerden treten, sind von DRESCHHOFF (1974) unterhalb des Oderwaldes auskartiert worden. Im nachfolgenden Eem-Interglazial wurden weite Bereiche des Mittelterrassenkörpers ausgeräumt.

Während der Weichsel-Kaltzeit, in der der Bereich des Standortes Heiningen eisfrei, der Oberharz selbst aber vergletschert war (DUPHORN 1968, 1969), wurden Schotter, Kiese, Sande und Lehme ins Harzvorland geschüttet. Zeitgleich fand die vollständige Erosion noch etwa vorhandener Moränen aus den älteren Kaltzeiten statt. Am Standort Heiningen herrschten periglaziale Klimaverhältnisse, die sich in der Aufschotterung einer Niederterrasse dokumentieren (WOLDSTEDT & DUPHORN 1974). Diese begleitet die holozäne Talaue der Oker weitflächig und ist häufig mit weichselzeitlichen Kalkfließerden — insbesondere im Einflußbereich des Oderwaldes (DRESCHHOFF 1974) — verzahnt.

Am Standort Heiningen wird der Niederterrassenkörper fast 60 m mächtig (ICKS et al. 1987) und setzt sich zu 65 bis 98 % aus einheimischem paläozoischen Material — vorwiegend Kieselschiefer und Grauwacken, untergeordnet Brockengranit und Harzburger Gabbro — zusammen (CHRISTOFZIK 1983, BOMBIEN 1983, 1987). Untergeordnet auftretendes nordisches Material besteht aus Gneisen, Graniten und Flinten, einheimisches mesozoisches Material aus Buntsandsteinen, Keupersandsteinen und Kreidekalken (CHRISTOFZIK 1983).

4.2.1.3.2 Holozän

Im Holozän sedimentierten in den Tälern der Harzflüsse weitflächig Auenlehme. Diese sind Ausgangssubstrat für die Bodenbildung und — da sie mit der Intensivierung anthropogener Eingriffe in den Naturhaushalt einer verstärkten Akkumulation unterliegen — auch Kulturanzeiger. Durch ihre räumliche Bindung an rezente Flußläufe belegen sie, daß diese durch die spätglaziale Erosion angelegt worden sein müssen. Die Ablagerungen beginnen auf einem spätglazialen Talniveau der holozänen Auen. Bis zum Atlantikum werden tonig-torfige Sedimente und, nach einer geringen Sedimentation im Subboreal, im Subatlantikum wieder Auenlehme und -sande abgelagert. Wie Tabelle 8 zeigt, beginnt mit der ausgehenden Bronzezeit eine erste Phase bergbaulicher Tätigkeit, die die weitere Sedimentationsdynamik der Oker beeinflussen sollte. Wurde der präbronzezeitliche Auenlehm noch mit durchschnittlich 0,4 mm/a abgelagert (NIEHOFF et al. 1992), so verdoppelte sich die Sedimentationsrate erstmals im Verlauf der Bronzezeit auf 0,8 mm/a und abermals mit den zunehmenden Waldrodungen im Mittelalter, um

bei der Bildung des neuzeitlichen Auenlehms mit 3,3 mm/a ihr damaliges Maximum zu erreichen (NIEHOFF et al. 1992). Ein nochmaliger Anstieg auf 10 mm/a fällt mit dem Beginn der frühindustriellen Abbauphase vor ca. 130 Jahren zusammen (NIEHOFF et al. 1992). Mächtigkeiten von ca. 100 cm aus den vergangenen 100 Jahren sind von STIER (1979) auch in den Auensedimenten nördlich von Braunschweig belegt worden. Hier kann von einer durch die Intensivierung der Landwirtschaft verstärkten Bodenerosion ausgegangen werden.

Der Auenlehmkörper am Standort Heiningen läßt sich nach DRESCHHOFF (1974) pollenanalytisch in drei Komplexe gliedern (Tab. 8):

Der Dorstädter-Komplex qh (1) wurde zwischen Spätglazial und Boreal sedimentiert und ist die älteste Sequenz. Im Spätglazial wurden die Lößböden zwischen Braunschweig und dem Harz stark erodiert und trugen als Hauptschwebstofflieferant zur Ablagerung des Auenlehms bei, der als ca. 2 m mächtiger toniger bis stark toniger Schluff oder stark schluffiger Ton mit lagigen Sandeinschaltungen ausgebildet ist. Die Farben des Dorstädter-Komplexes variieren zwischen grau, blaugrau und braungrau.

Der Heininger-Komplex qh (2) ist auf das Subatlantikum zu datieren. Er ist überwiegend tonig ausgebildet und kann über 2 m mächtig werden. In die hellgrauen bis hellblaugrauen Tone sind — insbesondere im Liegenden — ebenfalls Sandlagen eingeschaltet.

Die jüngste Auenlehmbildung, die des Neindorfer-Komplexes qh (3), setzte ca. 1400 n. Chr. ein und dauert rezent noch an. Der Neindorfer Komplex setzt sich aus tonigem Schluff mit Fein- und Mittelsandlagen zusammen, ist nur gering verdichtet, mittelbraun bis mittelbraungrau gefärbt, bis ca. 2 m mächtig und nimmt bis Braunschweig die gesamte Talbreite der Oker ein. Basal sind Eisenoxide (Eisenflecken und Eisenkonkretionen) angereichert. Stellenweise bilden zwischen Heiningen und Dorstadt Torfe, die sich ebenso wie Sande in den Auenlehmkörper einschalten können, seine Oberfläche. Eine den Heininger- vom Neindorfer-Komplex trennende Torflage, die etwa 1 m mächtig werden kann, tritt weitflächig zwischen Börßum und Dorstadt auf, ist aber auch weiter talabwärts wiederholt anzutreffen.

Nach FELDMANN (2002) sollte die von DRESCHHOFF (1974) vorgenommene Dreigliederung des Auenlehmkomplexes (qh1 bis qh3) aufgegeben werden, da mittlerweile für das Harzvorland zahlreiche absolute und relative Datierungen vorliegen, die eine Untergliederung des Terrassenkörpers in H 1 bis H 7 und NT 1 und NT 3 gestatten. Somit ist es möglich, das Abflußgeschehen und damit die Flußgeschichte der Oker in die allgemeine mitteleuropäische Flußgeschichte des jüngeren Quartärs einzuordnen.

4.2.2 Vienenburg

4.2.2.1 Morphologische und tektonische Strukturen

Das Referenzgebiet in der Eckeraue bei Vienenburg (Abb. 5) ist Teil der Subherzynyen Kreidemulde, die im Süden vom Harznordrand und im Norden und Nordosten durch die Sattelreihe des Salzgitterschen Höhenzuges, des Harlis, des Huy und des Hakels begrenzt wird.

Der mittlere Muldenabschnitt, in dem auch der Standort Vienenburg liegt, beginnt an der Schimmerwald-Ecke, ist im Osten von der Linie Benzingerode-Dernburg-Ströbeck begrenzt und reicht im Nordwesten bis Osterwieck

Klimaphase nach Fibras	Sedimenta- tionsphase	Bergbauphase	Zeitraum (a nach/vor Chr.)	Dauer (a)	Sed.-Mäch- tigkeit (cm)	Sed.-Rate (mm/a)
Sub- atlantikum	neuzeitlicher Auenlehm (qh 3)	industrielle Phase	1880 - 1985	105	94	9,0
		frühindustrielle Abbauphase	1860-1880	20	19	9,5
		neuzeitliche Stagnationsphase	1620-1860	240	33	1,4
		spätmittelalterli- che/frühzeitliche Abbauphase	1470-1620	150	23	1,5
	mittel- alterlicher Auenlehm (qh 2)	mittelalterliche Stillstandsphase	1360 - 1470	110	11	1,0
		mittelalterliche Abbauphase	970 - 1360	390	67	1,7
		eisenzeitlich- frühmittelalterliche Stillstandsphase	800 v. Chr. - 970 n. Chr.	1770	23	0,13
Subboreal bis jüngeres Atlantikum	spätbronzezeit- licher Auenlehm	spätbronzezeitliche Abbauphase	1000 - 800 v. Chr. 4000 - 1000 v. Chr.	200 3000	17 16	0,85 0,05
älteres Atlantikum	prähistorischer Auenlehm (qh 1)		5200 - 4000 v. Chr.	1200	50	0,4
Boreal			6500 - 5200 v. Chr.	1300	52	0,4
Präboreal	Auensand des jüngeren Präboreals		ca. 7000 - 6500 v. Chr. 8000 - 6500 v. Chr.	500 1500	97	1,9

Tabelle 8: Zeitliche Einordnung und Benennung der Sedimentations- und Bergbauphasen im Holozän (aus: NIEHOFF et al. 1992)

(SCHROEDER 1932). Seine besonderen Merkmale sind seine große Breite ohne Andeutungen einer Spezialfaltung und seine zentrale Auffüllung mit Ilseburgmergeln (SCHROEDER 1932).

Das Untersuchungsgebiet Vienenburg Wald liegt im Bereich der Schimmerwald-Zacke. WUNDERLICH (1953) sieht in ihr einen Schollenabbruch aus dem Dach des Ilsesteingranits an der Wende des Granulaten- zum Quadranten-Senon, der zu einer lokalen Überführung der Aufrichtungszone geführt haben soll. Dieser Auffassung zufolge liegt die Schimmerwald-Scholle auf den Schichtköpfen der steil stehenden Vorlandsschichten, so daß in diesem Bereich Paläozoikum direkt an flach liegende Oberkreide grenzt.

4.2.2.2 Präquartär

Im Liegenden der Schimmerwald-Scholle — hier ist die Subherzyne Kreidemulde am tiefsten eingesunken — erreicht die Abfolge vom Cenoman bis zum Unterkampan (Oberkreide) Mächtigkeiten von >2000 m (ERNST & SCHMID 1979). Allein für die hellen Mergel-, Sand- und Tonsteine des Santons konnte in der Bohrung Schimmerwald I, nordwestlich des Schimmerwaldsporns, eine Mächtigkeit von 1943 m nachgewiesen werden (MALZAHN 1970).

4.2.2.3 Quartär

Die lithologischen sowie stratigraphischen Verhältnisse im Harzvorland bzw. am Harznordrand entsprechen den in Kap. 4.2 abgehandelten.

4.2.2.3.1 Pleistozän

Die pleistozäne Mittelterrasse ist im Verlauf der Ecker weit verbreitet. Zwischen dem Harznordrand und dem Harli stellt sie — wie aus der Durchmischung der Schotter (in der Hauptsache Harzkristallin; untergeordnet Mesozoikum) zu schließen ist (BOMBIEN 1987) — eine gemeinsame Aufschüttung durch Oker, Radau und Ecker dar (SCHROEDER 1932, BOMBIEN 1987). Die Mittelterrassenschotter erreichen Mächtigkeiten bis 15 m (HANTKE 1993) und werden südlich Vienenburg von einem flächenhaft verbreiteten weichselzeitlichen Löß bzw. Lößlehm überdeckt (BOMBIEN 1983, LOOK 1984, SCHROEDER 1932).

4.2.2.3.2 Holozän

Das Flußbett der Ecker durchquert die sandigen, kiesigen, teilweise auch schluffigen Sedimente der weichselzeitlichen Niederterrasse, die zum Teil von holozänem Auenlehm überlagert werden, der im wesentlichen aus verschwemmtem Löß bzw. Lößlehm besteht. Im Auenlehm sind sandig-kiesige Lagen eingeschaltet; auch humose Beimengungen sind häufig anzutreffen. Die maximale Mächtigkeit des Auenlehms beträgt im Unterlauf der Ecker ca. 2 m. In den Untersuchungsgebieten Vienenburg Acker und Vienenburg Grünland werden Mächtigkeiten von max. 1,30 m, im Untersuchungsgebiet Vienenburg Wald Mächtigkeiten von 0,60 m nicht überschritten.

4.3 Bodencharakterisierung

Die Böden der Untersuchungsgebiete beider Standorte sind durch Grundwasser beeinflusst, dessen Spiegel jahreszeitlich, meist in Abhängigkeit von der Wasserführung der Flüsse und Bäche, schwankt. Es handelt sich, im Sinne von MÜCKENHAUSEN (1985) um semiterrestrische Böden, die sich mindestens einmal jährlich durch einen hohen Wasserstand (<1,5 m unter Flur) auszeichnen (SEMMELE 1977). Auch aufgrund der gleichen Ausgangssubstrate haben die Böden beider Standorte ähnliche pedogenetische Entwicklungen durchlaufen.

4.3.1 Böden der Okeraue bei Heiningen

Der Hauptbodentyp am Standort Heiningen ist ein humoser Auengley, für den, neben einem organischen Gehalt zwischen 10 und 15 % im A_p - bzw. A_h -Horizont, die Gliederung des Unterbodens in einen oberen G_o -Horizont und einen darunter liegenden G_r -Horizont charakteristisch ist, wobei Übergänge in Form von G_{ro} -Horizonten bzw. G_{or} -Horizonten möglich sind.

Während der rostfarbene G_o -Horizont gut durchlüftet ist und nur durch kapillaren Grundwasseraufstieg geringfügig und kurzzeitig beeinflusst wird, liegen im G_r -Horizont infolge permanenter Wassersättigung und daraus resultierenden Luftmangels reduzierende Bedingungen vor, die zu einer typischen blaugrauen Färbung (Reduktion von dreiwertigem zu zweiwertigem Eisen) des Sedimentes führten.

4.3.1.1 Heiningen Acker (HA)

Den Oberboden (A_p -Horizont), 30 bis 40 cm mächtig, bildet ein stark humoser, stark feinsandiger, dunkelgrau-brauner Schluff mit lockerem Gefüge. Darunter steht bis zu einer Tiefe von 70 bis 80 cm der G_o -Horizont an, der als feinsandiger, humoser, graubrauner Schluff anzusprechen und durch eine schwache rostbraune Eisenfleckung charakterisiert ist. Einige Profile im nördlichen Bereich des Untersuchungsgebietes sind im unteren Teil des G_o -Horizontes durch intensivere rostbraune Verfärbungen ausgezeichnet, die aus schlierig bis streifig ausgebildeten eisen-schüssigen Partien bestehen. Eventuell handelt es sich hierbei um Relikt-Gleye, da durch eine mögliche Grundwasserabsenkung durch den im Unterstrom betriebenen Kiesabbau der G_r -Horizont rasch in größere Tiefe verlegt wird, während die Morphe des G_o -Horizontes lange erhalten bleiben können (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1998).

Während der A_p - und der G_o -Horizont in sämtlichen Bohrungen (78) auskartiert werden konnten, wurde der G_{ro} -Horizont nur in 46 Bohrungen erfaßt. Dieser Bodenhorizont, der eine Mächtigkeit von 20 bis 30 cm erreicht und in einer Tiefe von 70 bis 100 cm ansteht, besteht aus einem feinsandigen, schwach tonigen Schluff mit kohärentem Gefüge und ist fallweise rostbraun gefleckt.

Der Übergang zum G_{or} -Horizont (in allen Bohrungen auskartiert) wird vielfach durch eine 2 bis 5 cm mächtige, rostbraune Eisenanreicherung sowie einen darunterliegenden, bis 5 cm mächtigen, schwarzbraunen, humosen Horizont markiert. Erstere ist durch Eisenverlagerungen in Folge der für Gleye typischen Grundwasserspiegelschwankungen verursacht, während der humose Horizont auf eine ehemalige Vegetationsdecke hindeutet, die im Verlauf einer späteren Sedimentationsphase wieder verschüttet wurde.

Im allgemeinen setzt sich der G_{or} -Horizont aus einem hellgrauen, schwach feinsandigen, tonigen Schluff mit eingestreuten rostbraunen „Fe-Nestern“ zusammen. Diese sind in der Regel an die feinsandigeren Partien gebunden, in denen — in einer ansonsten reduzierend wirkenden tonigen Matrix — wegen des höheren Sauerstoffangebotes zweiwertiges zu dreiwertigem Eisen aufoxydiert werden konnte. Die Mächtigkeit des G_{or} -Horizontes beträgt durchschnittlich 80 bis 100 cm. In seinen unteren Partien finden sich in einigen Bohrungen Holzkohlestückchen, fallweise konnte der G_{or} -Horizont nicht durchteuft werden.

Die G_r -Horizonte, petrographisch als graublaue, stark tonige Schluffe anzusprechen, konnten aufgrund der durch starke Durchfeuchtung bedingten Kernverluste nur in 51 Fällen auskartiert und beprobt werden.

Dem Unterboden des oben beschriebenen Profils sind 1 bis 5 cm mächtige Sand- bzw. Kieslagen mit Kieselschiefern, Quarziten und Graniten (Brockengranit ?) eingeschaltet, die eine zeitweilig höhere Sedimentationsdynamik („Katastrophenhochwässer“) bezeugen.

4.3.1.2 Heiningen Grünland (HG)

Das sich unmittelbar östlich an Heiningen Acker anschließende Untersuchungsgebiet Heiningen Grünland wird, wie der Name andeutet, als Grünland genutzt. Zwar ist der Boden seit ca. 50 Jahren ungepflügt, die Bezeichnung des 30 bis 40 cm mächtigen Oberbodens als A_p -Horizont — durch 57 Bohrungen erfaßt — ist aber wegen noch erkennbarer Spuren eines früheren Bodenumbruchs gerechtfertigt. Das Sediment ist ein stark feinsandiger, humo-

ser, hellgraubrauner Schluff, ist durchwurzelt (Grasnarbe) und weist in den oberen 5 bis 10 cm ein lockeres, im unteren Teil ein schwach polyedrisches Gefüge auf.

Der eisenfleckige G_o -Horizont ist ein ca. 30 bis 50 cm mächtiger, hauptsächlich schwach humoser, feinsandiger, graubrauner Schluff, der flächenhaft durch eine 20 bis 30 cm mächtige Kies- und Sandlage vom A_p -Horizont getrennt wird. In den übrigen Bohrungen war diese scharfe Grenze durch Wechsellagerungen geringmächtiger feinsandiger und schluffiger Schichten vertreten.

Den unterlagernden G_{ro} -Horizont zeichnet neben oxidativen Merkmalen (Fe-Flecken) eine graugrüne Fleckung aus, die ein reduzierendes Milieu anzeigt. Die Mächtigkeit des feinsandigen, z. T. auch stark feinsandigen Schluffes beträgt 30 bis 40 cm. In fast allen Bohrungen waren innerhalb dieses Horizontes geringmächtige Sand- und Kieslagen von 2 bis 5 cm Mächtigkeit eingeschaltet. Der G_{or} -Horizont besitzt mit ca. 60 bis 100 cm die größte Mächtigkeit innerhalb des Bodenprofils. Der schwach feinsandige, schwach tonige, hellgraue Schluff, der sich durch Eisenfleckigkeit auszeichnet, läßt wegen mehrerer zwischengeschalteter geringmächtiger Sand- bzw. Kieslagen ebenfalls eine zeitweilig höhere Sedimentationsdynamik erkennen.

In einer Teufe von 160 bis 180 cm beginnt der G_r -Horizont, der als humoser, schwach feinsandiger, stark toniger, graublauschwarzer Schluff mit vereinzelt Sandlagen ausgebildet ist.

Die über das Bodenprofil verteilten Kieslagen bestehen außer aus Kieselschiefern und Graniten auch aus Quarziten und Grauwacken. In den G_o -, G_{ro} - und G_{or} -Horizonten konnten in einer großen Anzahl von Bohrungen Helliglimmerplättchen nachgewiesen werden. An der Basis des G_{or} -Horizontes sowie im G_r -Horizont traten opakes Material und vereinzelt kohlige Konkretionen auf.

4.3.1.3 Heiningen Wald (HW)

Die oberen 5 cm des Bodenprofils bildet ein organischer O-Horizont aus Blättern bzw. Nadelstreu unterschiedlichen Zersetzungsgrades. Der A_h -Horizont, in 75 Bohrungen auskartiert, ist ein dunkelbrauner, schluffiger Feinsand von ca. 35 cm Mächtigkeit und in einen sehr stark humosen A_{h1} -Horizont und einen weniger stark humosen A_{h2} -Horizont untergliedert.

Der 30 bis 50 cm mächtige G_o -Horizont setzt sich aus einem dunkelbraunen, stark schluffigen Feinsand mit Grobsand- und Kieslagen zusammen. Im graubraunen, feinsandigen, 30 bis 40 cm mächtigen Schluff des unterlagernden G_{ro} -Horizontes konnten neben Sand- und Kieslagen, lokal auch geringmächtige kohlige Schichten auskartiert werden.

Im G_{or} -Horizont, einem bis zu 80 cm mächtigen grauen, feinsandigen, tonigen Schluff mit zur Tiefe zunehmenden sandigen bis kiesigen Einschaltungen, zeigen die typische Eisenfleckung und eine graugrüne Fleckung (auf die sandigen Lagen konzentriert) ein Nebeneinander von oxidierenden und reduzierenden Bedingungen an. In einigen Bohrungen konnte eine basale, etwa 5 cm mächtig humose Lage durchteuft werden. Der G_r -Horizont ist im Regelfall durch eine schwarzgraue Färbung gekennzeichnet und als stark toniger Schluff anzusprechen, der in einigen Bohrungen jedoch durch grüngefleckte, schwach tonige, stark schluffige Feinsande vertreten ist.

4.3.2 Vergleich der Bodenhorizonte am Standort Heiningen

In den A_p bzw. A_h -Horizonten herrschen stark feinsandige Schluffe bzw. stark schluffige Feinsande vor. Über die Profillänge steigen die Tongehalte generell an, so daß im G_r -Horizont bevorzugt schwach feinsandige, stark tonige Schluffe anzutreffen sind. In den Untersuchungsgebieten Heiningen Grünland und Heiningen Wald sind die Böden sandiger als in Heiningen Acker. So kann der G_r -Horizont im Untersuchungsgebiet Heiningen Wald beispielsweise auch ein nur schwach toniger, stark schluffiger Feinsand sein.

Die humosen Auengleye der einzelnen Untersuchungsgebiete sind außerdem mineralogisch und petrographisch unterschiedlich zusammengesetzt. Während im Untersuchungsgebiet Heiningen Acker an der Basis des G_{ro} -Horizontes eine geringmächtige Fe-Lage, die ihrerseits eine ca. 5 cm mächtige humose Schicht überlagert, häufig auftritt, sind diese Lagen in Heiningen Grünland und Heiningen Wald nur vereinzelt ausgebildet. Die in den G_{or} -Horizonten auftretende Eisenfleckung (Heiningen Grünland und Heiningen Wald) ist im Untersuchungsgebiet Heiningen Acker auf diskrete Nester beschränkt, die stets an gröbere Sedimente gebunden sind.

In Heiningen Grünland treten im gesamten Bodenprofil — bevorzugt an sandigere Lagen gebunden — Hellglimmerplättchen und im unteren Bereich des G_{or} -Horizontes sowie im G_r -Horizont opakes Material auf, in den beiden anderen Untersuchungsgebieten — bis auf nur vereinzelte Glimmerfunde — dagegen nicht.

Die Böden im Untersuchungsgebiet Heiningen Wald unterscheiden sich von denen der beiden anderen durch das Auftreten eines A_h -Horizontes. Darüberhinaus sind die Reduktionsmerkmale im G_{or} und G_r -Horizont als graugüne Fleckung ausgeprägt, die in Heiningen Acker und Heiningen Grünland hingegen selten ist; die Reduktionsfarben sind hier grau bis dunkelgrau.

Zusammenfassend bleibt festzustellen, daß sich die Bodenhorizonte der einzelnen Untersuchungsgebiete fallweise in ihrer petrographischen Zusammensetzung unterscheiden. Dies ist auf unterschiedliche Sedimentationsbedingungen zurückzuführen. Dennoch sind die Untersuchungsgebiete miteinander vergleichbar, da aufgrund der gleichen Ausgangssubstrate die Böden eine ähnliche pedogenetische Entwicklung durchlaufen haben.

4.3.3 Böden der Eckeraue bei Vienenburg

Der Hauptbodentyp der Eckeraue ist ein humoser, allochthoner brauner Auenboden, der sich aus kolluvialem Material entwickelt hat und nur gering redoximorph geprägt ist.

4.3.3.1 Vienenburg Acker (VA)

Der A_p -Horizont ist 30 bis 40 cm mächtig und besteht aus stark humosem, stark feinsandigem, dunkelgraubraunem Schluff. Der unterlagernde ca. 20 bis 30 cm mächtige M-Horizont setzt sich aus einem humosen, feinsandigen, dunkelbraunen Schluff zusammen. Unter ihm folgt ein $II(G_o)M$ -Horizont, der 40 bis 60 cm mächtig werden kann und aus einem stark schluffigen, dunkelbraunen Feinsand mit basaler schwach diffuser Eisenfleckung besteht. Die kolluvialen Sedimente erreichen im Untersuchungsgebiet Vienenburg Acker eine Gesamtmächtigkeit von ca. 100 cm (max. 130 cm) und überlagern die Kiese der weichselzeitlichen Niederterrasse.

4.3.3.2 Vienenburg Grünland (VG)

Im Untersuchungsgebiet Vienenburg Grünland, das unmittelbar östlich, nur durch die 5 bis 6 m breite Ecker getrennt, an das Untersuchungsgebiet Vienenburg Acker grenzt, steht ebenfalls ein allochthoner brauner Auenboden an. Der A_p -Horizont setzt sich aus einem stark feinsandigen, humosen, graubraunen Schluff, der $II_{(Go)}$ M-Horizont aus einem fein- bis mittelsandigen, schwach tonigen Schluff zusammen. Fallweise sind schwach ausgeprägte redoximorphe Merkmale im $II_{(Go)}$ M-Horizont festzustellen. Zwischen A_p - und $II_{(Go)}$ M-Horizont ist ein 20 bis 30 cm mächtiger dunkelbrauner, schluffiger M-Horizont eingeschaltet. Die etwa 100 bis 120 cm mächtigen Böden überlagern ebenfalls die Kiese der weichselzeitlichen Niederterrasse. Im westlichen Teil des Kartiergebietes ist der Boden in 60 bis 100 cm Tiefe deutlich vergleht. Im östlichen Randbereich des Gebietes sind die Auenböden mit Hanglehmen verzahnt, die von der angrenzenden Mittelterrasse, die eine Geländestufe bildet, abgeschwemmt wurden.

In die Böden beider Untersuchungsgebiete sind — besonders in den $II_{(Go)}$ M-Horizonten — häufig sandig - kiesige Lagen eingeschaltet, die max. 10 cm mächtig werden können. Das Kiesspektrum umfaßt insbesondere Gabbros, Brockengranite und Quarzite. Glimmerreiche Partien sind an die sandigeren Lagen gebunden.

4.3.3.3 Vienenburg Wald (VW)

Die Böden im Untersuchungsgebiet Vienenburg Wald sind flachgründige, höchstens 60 cm mächtige humose, allochthone Auengleye. Sie bestehen aus einer humosen Auflage (5 cm), die den 15 bis 20 cm mächtigen A_h -Horizont, einen stark humosen, stark schluffigen, dunkelgraubraunen Sand bedeckt. Bis zu einer Tiefe von 50 bis 60 cm folgt ein $II_{(Go)}$ M-Horizont aus schluffigem Sand, der die Schotter der weichselzeitlichen Niederterrasse überlagert. Ein M-Horizont scheint zu fehlen.

4.3.4 Vergleich der Bodenhorizonte am Standort Vienenburg

Die Böden des Standortes Vienenburg unterscheiden sich durch überwiegend (humose) stark feinsandige Schluffe in den Untersuchungsgebieten Vienenburg Acker und Vienenburg Grünland von bevorzugt schluffigen Sanden (Fein- bis Grobsand) in Vienenburg Wald.

In Vienenburg Grünland und Vienenburg Acker sind den A_p - und $II_{(Go)}$ M-Horizonten 20 bis 30 cm mächtige dunkelbraune, schluffige M-Horizonte zwischengeschaltet, in Vienenburg Wald konnten dagegen zwischen A_h - und $II_{(Go)}$ M-Horizont keine weiteren Bodenhorizonte auskartiert werden.

5 Methodik

Das Flußdiagramm der Abbildung 6 vermittelt einen schematischen Überblick über die wichtigsten methodischen Schritte von der Feldarbeit bis zur Präsentation der Ergebnisse, die nachfolgend beschrieben werden.

5.1 Geländearbeiten

Die Geländearbeiten an den Standorten Heiningen und Vienenburg umfassen bodenkundlich-quartärgeologische Kartierungen der Talauensedimente und horizontspezifische Bodenprobenahmen. Hierfür wurden über die 6 Untersuchungsgebiete (HA, HG, HG, VA, VG, VG) Profile im Abstand von 25 m gelegt und mit dem Pürckhauer (1m Bohrtiefe) und der Peilstange nach LINNEMANN (2m Bohrtiefe) äquidistant auskartiert; im Norden des Untersuchungsgebietes Heiningen Grünland mußte der Profilabstand auf 20 m reduziert werden (Profile 4, 5, 6). Diese Probenahmestrategie deckt sich auch mit dem Rasterverfahren von ECKELMANN et al. (1996). Die Bohrpunkte wurden in eine Geländekarte (Anhang C, s. beigefügte CD) eingetragen, der die Deutsche Grundkarte (DGK) 1:5000 mit den Blättern Heiningen-Süd, Heiningen-Nord (Untersuchungsgebiet Heiningen), Wiedelah und Eckertal-Nord (Untersuchungsgebiet Vienenburg) zugrunde lag.

Die Profilsprache gemäß der „Bodenkundlichen Kartieranleitung“ (1996) und dem „Symbolschlüssel Geologie“ (BARCKHAUSEN et al. 1975) ist detailliert in den Bohrprotokollen des Anhangs G (s. CD) dokumentiert. Die Bodenproben wurden den jeweiligen Horizontmitten entnommen, um Verschleppungen durch das Ausfließen nasser Proben und Kontaminationen durch geringmächtige Übergangshorizonte (z.B. humose- bzw. eisenreiche Lagen) an der Basis sowie am Top der Bodenhorizonte zu vermeiden, in Polyethylentüten verpackt und mit entsprechenden Probenbezeichnungen (bestehend aus Profil-, Probenpunkt- und Bodenhorizontnummer) versehen.

5.2 Laborarbeiten

Um Vergleiche zu bisher im Bereich des Harzes unter der gleichen Thematik durchgeführte, i. a. auf die Feinsandfraktion konzentrierte Untersuchungen ziehen zu können und wegen der großen Probenanzahl wurde aus den in Kapitel 3.3 diskutierten, aber auch aus methodischen Gründen (Vermeidung zeitaufwendiger Aufbereitung durch Naßsieben) die Schwermetalle der Feinsandfraktion ($63\ \mu\text{m}$ - $125\ \mu\text{m}$) bestimmt, die vom Probenmaterial durch Trockensiebung abgetrennt wurde. Es handelt sich bei der Feinsandfraktion um eine definierte Korngröße, während beispielsweise die $<63\ \mu\text{m}$ -Fraktion das gesamte Kornspektrum vom Grobschluff bis zum Feinton umfaßt.

Da eine Agglutinierung kleinerer Kornfraktionen (Schluffe, Tone) an die Feinsandfraktion nicht auszuschließen ist, wurde aus ausgewählten Proben der agglutinierte Tonanteil abgeschlämmt, um den prozentualen Tonanteil an der Feinsandfraktion zu bestimmen (Anhang E). Das durch die Trennung der Ton- von der Feinsandfraktion gewonnene Material diente als Grundlage für weitere korngößenspezifische Analysen. Die hierfür notwendigen Arbeitsschritte werden im folgenden beschrieben. In Tabelle 9 sind die Untersuchungsparameter der Gesamtproben, in Tabelle 10 die Untersuchungsparameter der ausgewählten Proben dargestellt.

5.2.1 Korngrößen- und Schlämmuntersuchungen

Die Bestimmung der Korngrößenverteilungen der Sedimente erfolgte nach DIN 18 123. Die Trennung der gröberen Kornfraktionen ($\geq 0,06\ \text{mm}$) wurde durch Trockensiebung vorgenommen, der Feinkornanteil (Ton- und Schluff-Fraktion) mittels Schlämmanalyse nach ATTERBERG (Aräometer-Verfahren) bestimmt. Hierbei wird der Feinkornanteil der Probe in Atterberg-Zylindern in Suspension gebracht, deren Dichte mit einem Aräometer in anhand des stoke'schen Widerstandsgesetzes abgeleiteten Zeitabständen gemessen wird.

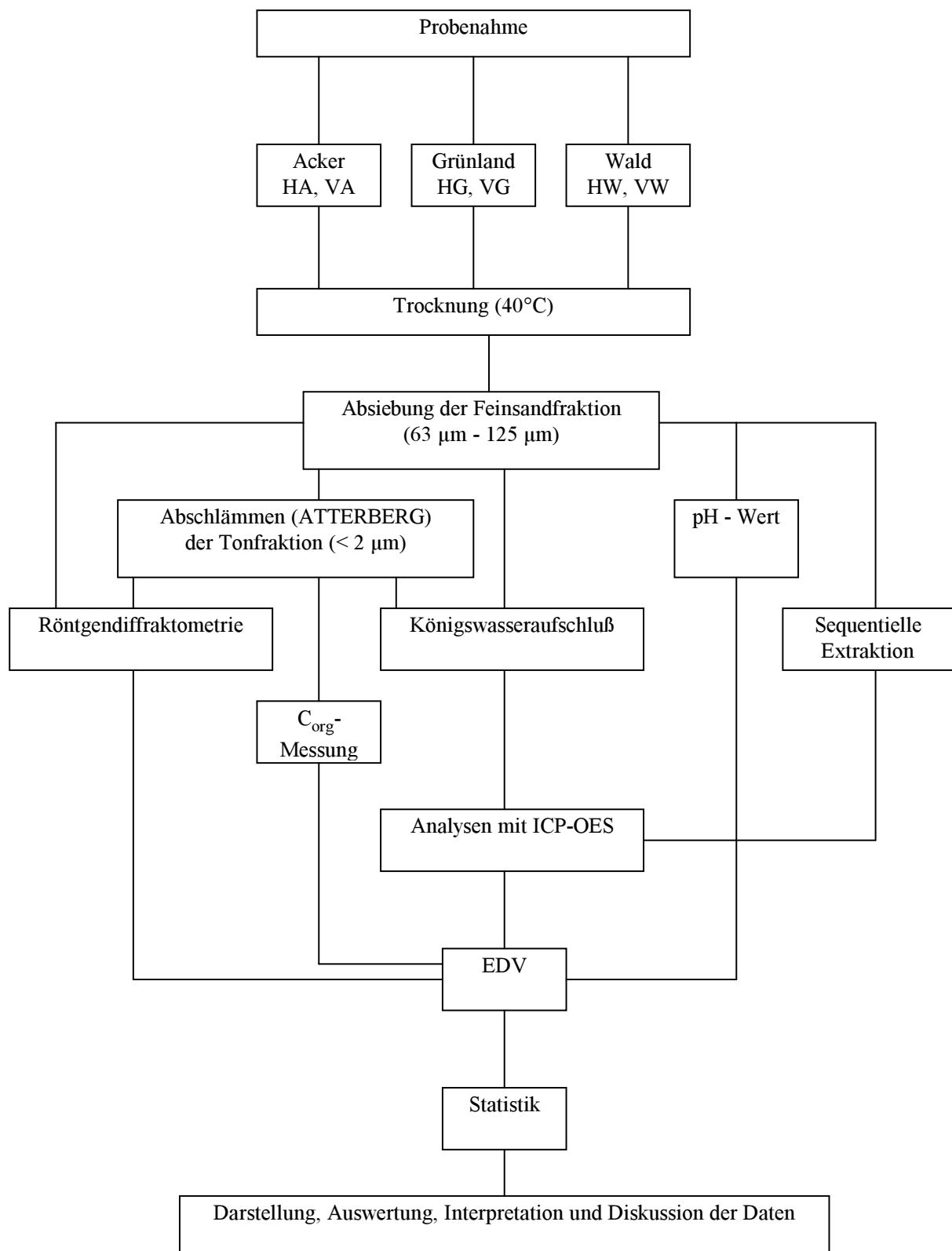


Abbildung 6: Arbeits- und Analysenschritte

Bhz	Anzahl der Bohrpunkte (pro Bodenhorizont)	chem. Analysen (pH, Zn, Cd, Pb, Cu) in der Feinsandfraktion	Röntgendiffrakt. Pulverpräparate.
	(n)	(n)	(n)
HA			
A _p	78	78	63
G _o	78	78	61
G _{ro}	46	41	29
G _{or}	78	77	61
G _r	51	26	19
HG			
A _p	57	57	56
G _o	55	32	29
G _{ro}	52	47	45
G _{ro}	53	53	46
G _r	53	53	48
HW			
A _h	75	75	69
G _o	75	34	25
G _{ro}	67	58	54
G _{or}	64	62	58
G _r	72	66	60
VA			
A _p	32	32	31
M	31	-	-
II _(Go) M	32	31	28
VG			
A _p	41	41	34
M	40	-	-
II _(Go) M	41	40	32
VW			
A _h	27	24	20
II _(Go) M	26	24	17

Tabelle 9: Anzahl und Art der Untersuchungsparameter (Gesamtproben)

Parameter	Heiningen			Vienenburg		
	Acker	Grünland	Wald	Acker	Grünland	Wald
Analytik d. Ton- und Feinsandfraktion pH, Zn, Cd, Pb, Cu, Fe, Mg, Ca, Na, Al, K, Ni, Co, Cr, V, C _{org} und Tonmineralogie (Natur, Glycol 350°C, 550°C)	Proben: 381 - 385	Proben: 141 - 146	Proben: 111 - 115	Proben: 131,133	Proben: 121,123	Proben: 221,222
	611 - 615	281 - 285	131 - 135	171,173	371,373	412
	861 - 865	341 - 345	271 - 275	411,413	441,443	531,532
	941 - 945	441 - 445	371 - 375	471,472	551,553	621,622
	961 - 965		621 - 625		571,573	821,822
Anzahl	1011-1015		941 - 945		581,583	
Sequentielle Elution	30	20	30	8	12	9
Anzahl	961 - 965	144 - 146	941 - 945			
Korngrößenanalyse (DIN 18123)	5	5	5			
Anzahl	721 - 725	461 - 465	911 - 915	121,122	131,133	211,212
	5	5	5	2	2	2

Tabelle 10: Anzahl und Art der Untersuchungsparameter (ausgewählte Proben)

5.2.2 Probenaufbereitung

Die Bodenproben wurden bei 40° C im Trockenschrank getrocknet und in einem Mörser vorsichtig zerstoßen. Zur Gewinnung der Feinsandfraktion (geochemische Kartierung) wurde von 1035 Bodenproben die Fraktion 63 bis 125 μm abgesiebt und anschließend aufgeschlossen (s. u.).

Zur Gewinnung der agglutinierten Tonfraktion (Bestimmung der agglutinierten Tone an der Feinsandfraktion) aus 109 ausgewählten Proben mußte der folgende Verfahrensweg eingehalten werden¹:

- Je 2 g Probensubstanz in einem Reagenzglas mit 20 ml Ammoniumhydroxid versetzen und mit einem Gummistopfen verschließen.
- Reagenzgläser bei einer Neigung von 30° auf einem Schütteltisch 12 h lang schütteln und aufschlämmen.
- Anschließend die Reagenzgläser senkrecht stellen, um die suspendierten Teilchen sedimentieren zu lassen.
- Die nach 8 h allein in Suspension verbliebene Tonfraktion ($< 2 \mu\text{m}$) aus den Reagenzgläsern, die mit einem Auslauf ca. 2 cm oberhalb des Reagenzglasbodens versehen und mit einem Teflonschlauch verbunden sind, abziehen (Wasserstrahlpumpe) und durch einen vorher eingewogenen Membranfilter geben.
- Filter mit Tonanteil bei Raumtemperatur trocknen und wiegen, Vorgang mehrfach wiederholen, Einzelwerte mitteln, prozentualer Tonanteil an der Feinsandfraktion bestimmen (Anhang E, s. CD).
- Der im Reagenzglas verbliebene Feinsandanteil aufschütteln, Überstand nach 2 h verwerfen, Vorgang mehrfach wiederholen.
- Feinsand mit destilliertem Wasser aus dem Reagenzglas spülen, auf einen vorher eingewogenen Membranfilter sedimentieren, Lösung mittels Wasserstrahlpumpe abziehen, Filter mit Feinsand bei Raumtemperatur trocknen und wiegen.
- Um eine Restbeeinflussung durch andere Korngrößen ($< 63 \mu\text{m}$) auszuschliessen, den unteren Teil des Filterkuchens für den Aufschluß nehmen.
- Feinsandfraktion: 0,2 g Probenmaterial in eine Quarzschale einwiegen und mit 20 ml Königswasser aufschließen und zunächst 2 Stunden bei 80° C eindampfen, dann Temperatur auf 120° C erhöhen und eindampfen lassen, anschließend mit 20 ml 1 N HCl aufnehmen (Verdünnungsfaktor 100), abpipettieren und in Polyethylenflaschen abfüllen.
- Analog zur Feinsandfraktion die Tonfraktion (Einwaage 0,1 g) aufschließen.

5.2.3 Röntgendiffraktometrie

Um eine Übersicht über den allgemeinen Mineralbestand zu erhalten, wurden von allen Feinsandproben Pulverdiffraktogramme angefertigt und durch Messung der Peakhöhen bei entsprechenden Winkelwerten (Winkelbereich

¹Da z.T. nur kleine Probenmengen zur Verfügung standen, wurde eine dem Atterberg-Verfahren analoge Prozedur zur Abtrennung der Tonfraktion verwendet

2° - 36° 2 Θ) halbquantitativ ausgewertet. Da bei diesem Verfahren die Vergleichbarkeit der Meßwerte problematisch ist, wurden nur relative Peakhöhen im Verhältnis zu Quarz verwendet. Die für die Pulverdiffraktogramme verwendete Geräteeinstellung ist Tabelle 11 zu entnehmen.

Zur Bestimmung der Tonminerale, insbesondere im Hinblick auf quellfähige Anteile, wurden die ausgewählten Proben nach dem in Kap. 5.2.2 beschriebenen Verfahren aufbereitet. Die Tonsuspension wurde mittels einer Pipette auf einen Objektträger sedimentiert, um eine möglichst gut texturierte Anordnung der Tonminerale zu erreichen (TUCKER 1988). Zur Identifizierung der Tonminerale wurden von jeder Probe vier unterschiedliche Texturpräparate angefertigt. Zwei Präparate wurden ca. 2 Stunden auf 350 °C bzw. 550 °C erhitzt (Zusammenbrechen des Gitters verschiedener Tonminerale), ein weiteres Präparat wurde mit Glycol (zur Gitteraufweitung quellfähiger Tonminerale) behandelt und ein viertes Präparat blieb unbehandelt. Die Bestimmung der Tonminerale erfolgte in jeweils vier Röntgendurchläufen (Winkelbereiche Natur: 2°-32° 2 Θ , Glycol: 2°-15° 2 Θ , 350 °C und 550 °C: 2°-32° 2 Θ) der in Tabelle 11 beschriebenen Geräteeinstellung. Die halbquantitative Auswertung der Diffraktogramme wurde nach der Methode von JOHNS & BRADLEY (1954) durchgeführt. Die röntgendiffraktometrische Auswertung findet sich im Anhang F (s.CD).

	Tonfraktion	Feinsandfraktion
Gerät:	Philips	Philips
Strahlung:	Cu K α	Cu K α
Filter:	Ni	Ni
Energie:	40 kV/30 mA	40 kV/30 mA
Winkelgeschw:	1°/min	2°/min
Impulse:	2 · 10 ³ c/s	2 · 10 ³ c/s
Zeitkonstante:	4 sec	4 sec

Tabelle 11: Geräteeinstellung zur halbquantitativen Bestimmung des Mineralbestandes in der Ton- und Feinsandfraktion

5.2.4 Probenanalytik

5.2.4.1 pH-Wert Messungen

Die konventionell vereinbarte Vorbehandlung von Bodenproben zur pH-Wert-Bestimmung geht von einer Aufschlammung von 1 Teil lufttrockner Bodenprobe mit 2,5 Teilen Flüssigkeit aus. Der pH-Wert kann entweder in wässriger Lösung, in 0,1 m Kaliumchlorid-Lösung, in 0,01 Calciumchlorid-Lösung oder in 0,01 Bariumchlorid-Lösung gemessen werden. Die Aufschlammung mit Wasser führt zu hohen pH-Werten, weil nur die gerade frei beweglichen, dissoziierten H-Ionen erfaßt werden. Die Aufschlammung mit 0,1 m Kaliumchlorid-Lösung bringt dagegen geringere pH-Werte, weil neben den frei beweglichen H-Ionen auch noch vom Sorptionskomplex im Eintauch gegen K-Ionen freigesetzte H-Ionen erfaßt werden. Die Bestimmung des pH-Wertes in 0,01 m Calciumchlorid-Lösung führt im Mittel zu $0,6 \pm 0,2$ tieferen pH-Einheiten als die in wässriger Lösung bestimmten pH-Werte. Dies beruht auf den Austausch von H- und Al-Ionen gegen Ca-Ionen (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1998). BÖTTCHER (1992) untersuchte in ausgewählten Bodenprofilen die pH-Abhängigkeit vom Feinbodenchemismus mittels unterschiedlicher Suspensionen. Eine pH-Abhängigkeit zeigte sich jedoch nur bei den mit H₂O präparierten Suspensionen. Die in der Bodenkunde häufig verwendeten Lösungen (KCl, CaCl₂) wiesen deutlich schlechtere Zusammenhänge mit dem Feinbodenchemismus auf. Auch bezüglich des pH-Wert-Sprungs als Ver-

sauerungsindikator lieferten die pH(KCl) - und pH(CaCl₂)-Werte weniger spezifische Verläufe als die pH(H₂O)-Werte (BÖTTCHER 1992). Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen wurde der pH-Wert in wäßriger Lösung nach DIN 38 414 als pH(H₂O) bestimmt.

5.2.4.2 Kohlenstoffbestimmungen

Die organischen Feststoffe in den Bodenproben wurden mit einem Kohlenstoff-Phasen-Analysator (LECO RC 412) als organisch gebundener Kohlenstoff (C_{org}) bestimmt. Dazu wurde die getrocknete Probe jeweils in ein Quarzschiffchen eingewogen und in ein induktiv beheiztes Verbrennungsrohr eingeführt. Das bei der Verbrennung der organischen Verbindungen (512 °C im Sauerstoffstrom) entstehende CO₂ wird mit einem Infrarotdetektor gemessen. An allen Proben erfolgte eine Doppelbestimmung.

Wie BORCHERS & NÄVEKE (1993) aufzeigten, besteht ein Zusammenhang zwischen der Korngröße und den gemessenen C_{org}-Gehalten. Mit abnehmender Korngröße konnten sie stark ansteigende C_{org}-Gehalte in den Proben nachweisen. Ein weiterer Aspekt der Arbeit von BORCHERS & NÄVEKE (1993) befaßt sich mit von Karbonaten ausgehenden Störeinflüssen auf die C_{org}-Bestimmung. Während Calciumkarbonate keine störenden Einflüsse ausüben, stören andere Karbonate, wie Magnesium- und Eisenkarbonate, die C_{org}-Bestimmung z. T. erheblich. So wurde beispielsweise bei der Zugabe von Dolomit im Mittel 7,8 % des enthaltenen Karbonats irrtümlich als CO₂ aus organischen Stoffen detektiert, bei Siderit lag der Anteil im Mittel bei 9,4 %. Dies ist nach BORCHERS & NÄVEKE (1993) auf den höheren Dampfdruck von CO₂ über dem Karbonat zurückzuführen.

Für die vorliegende Arbeit sind diese Erkenntnisse insofern von Bedeutung, als durch die Auswertung der Röntgendiffraktogramme in einigen Proben Calciumkarbonate, teilweise auch Dolomite nachgewiesen werden konnten, was bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen war.

5.2.4.3 ICP-Messungen

Die ICP-Messungen erfolgten mittels Emissionsspektrometrie an einem sequentiell arbeitenden ICP-Vakuum-Spektrometer mit Argon/Argon-Plasma (ARL OES 3520). Das Meßverfahren ist an Referenzmaterialien geeicht und beruht auf der Messung der elementspezifischen Emissionsspektren, die die angeregten Atome bei der Elektronen-Rekombination aussenden. Die Kalibrierung mit Bezugslösungen erlaubt eine quantitative Aussage, wobei in einem Bereich von 3 bis 5 Zehnerpotenzen ein linearer Zusammenhang zwischen den Intensitäten der Emissionslinien und den Konzentrationen der Elemente besteht (HÜTTER 1988). Aufgrund der relativ langen Verweildauer (einige Millisekunden) des Probenaerosols im Plasma können mit Hilfe eines Schrittmotor-gesteuerten Monochromators bis zu 60 Elemente quasisimultan bestimmt werden. Die Nachweisgrenzen für die verschiedenen Elemente sind Tabelle 12 zu entnehmen. Die Funktionsweise des ICP ist ausführlich bei HEINRICHS & HERRMANN (1990) und THOMPSON & WALSH (1983) beschrieben.

Für die geochemische Kartierung wurden 1035 Proben (Feinsandfraktion) auf Zink, Cadmium, Blei und Kupfer analysiert; zusätzlich erfolgte an 218 ausgewählten Proben (Feinsandfraktion n = 109, Tonfraktion n = 109) die von Eisen, Magnesium, Calcium, Natrium, Aluminium, Kalium, Zink, Cadmium, Blei, Kupfer, Nickel, Kobalt, Chrom und Vanadium.

Element	Wellenlänge [nm]	Standard- konzentration [ppm]	Nachweisgrenzen* [ppb]	max. Nachweisgrenzen [ppb]
Ca	317,931	5000	90	0,05
Mg	379,069	500	70	0,08
Sr	407,759	20	0,3	0,2
Fe	271,440	200	150	3
Mn	257,609	50	2	1
K	766,461	50	90	60
Na	589,580	10	30	20
Zn	213,855	40	20	2
Cd	226,502	2	7	2
Cu	324,751	20	7	3
Ni	231,598	2	20	8
Co	228,616	2	20	7
Pb	220,345	20	160	30
Ba	455,391	5	3	0,4
As	197,262	5	120	30
V	311,070	2	30	4

Tabelle 12: Die instrumentellen Nachweisgrenzen der ICP-Messungen (ARL 3520 OES) bei einer Integrationszeit von 3 sec (nach ZACHMANN 1991)

*Die Nachweisgrenzen gelten für das verwendete Routinemaßverfahren (Lösungen mit einer 1-nHCl-Matrix).

5.2.4.4 Sequentielle Elution

Nach ZEIN & BRÜMMER (1989) lassen sich durch den Königswasseraufschluß in der Regel mehr als 90 % der Gesamtgehalte an Schwermetallen erfassen, sofern die Proben vor der Analyse fein gemahlen werden. Die nicht löslichen Rückstände setzen sich in der Hauptsache aus Quarz und verwitterungsstabilen Schwermineralen zusammen. Der Königswasseraufschluß ermöglicht jedoch keine Differenzierung der Schwermetalle hinsichtlich ihrer Mobilität sowie ihrer Bindungsform. Eine Differenzierung der Bindungsformen von Schwermetallen läßt sich mit Hilfe von chemischen Extraktionsverfahren vornehmen. Die mit verschiedenen Aufschluß- und Extraktionslösungen erfaßbaren Fraktionen lassen sich bestimmten Bindungsformen in Böden zuordnen. In der Literatur werden zur Durchführung der sequentiellen Elution mehrere Methoden vorgeschlagen (TESSIER et al. 1979, FÖRSTNER & CALMANO 1982, SPOSITO & CHANG 1982, SHUMAN & HARGROVE 1985, ZEIN & BRÜMMER 1989, JACOB et al. 1990).

ZEIN & BRÜMMER (1989, 1991) führten einen Methodenvergleich der vier am häufigsten verwendeten Extraktionsverfahren (TESSIER et al. 1979, FÖRSTNER & CALMANO 1982, SPOSITO & CHANG 1982, SHUMAN & HARGROVE 1985) durch und zeigten, daß sichere Aussagen über die Schwermetallbindungsformen mit ihnen nicht getroffen werden können, da die einzelnen Verfahren, bedingt durch die Auswahl unterschiedlicher und z. T. ungünstiger Extraktionsmittel mit geringer Selektivität, zu große Unterschiede aufweisen. ZEIN & BRÜMMER (1989) schlagen ein 7stufiges, optimiertes sequentielles Elutionsverfahren vor, das allerdings nur für oxidierte, mäßig karbonathaltige bis karbonatfreie Böden anwendbar ist.

Schwierigkeiten bei der Durchführung der Extraktionsschritte ergeben sich bereits bei der Probenpräparation. Hier können insbesondere bei reduzierten Sedimenten die sulfidischen Komponenten rasch oxidiert werden (HERMS & BRÜMMER 1980). Desweiteren werden die Reaktionen durch die Zeitdauer der Versuche (Schüttelzeiten) und

durch das Verhältnis der Feststoffeinwaage zur Lösungsmittelmenge bestimmt (FÖRSTNER & CALMANO 1982). Die Extraktionsschritte sind also weder phasenspezifisch noch selektiv, vielmehr handelt es sich um definierte Gruppen von Komponenten, die unterschiedliche Bindungsphasen für die Einzelelemente aufweisen können (FÖRSTNER & CALMANO 1982). Auch können räumliche und zeitliche saisonale Variabilitäten die Metallextrahierbarkeit aus Böden signifikant, doch kaum vorhersagbar beeinflussen (WENZEL et al. 1996). Unter Berücksichtigung dieser Einschränkungen wurde die nachfolgend aufgeführte Extraktionssequenz zur Ermittlung von Schwermetallbindungen in Böden angewandt (Tab. 13).

Extraktionsstufe	Bindungsform	Extraktionslösung/Bedingungen
I	Austauschbare Kationen	Zur Probe 10 ml Ammoniumacetatlösung (1 mol/l, pH 7) geben, 2 h schütteln, dann 10 min bei 3500 U/min zentrifugieren, überstehende Lösung durch Membranfilter (0,45 μ m) filtrieren, Filtrat auf 20 ml mit dest. Wasser auffüllen
II	Karbonatische Anteile	Rückstand aus I + 10 ml Natriumacetatlösung (1 mol/l, pH 5), 5 h schütteln, zentrifugieren (wie I), filtrieren, auf 20 ml auffüllen (wie I)
III	Leicht reduzierbare Phase	Rückstand aus II + 50 ml Hydroxylammoniumchloridlösung (0,1 mol/l, pH 2), 12 h schütteln, zentrifugieren (wie I), filtrieren, auf 50 ml auffüllen
IV	Stärker reduzierbare Phase	Rückstand aus III + 50 ml Ammoniumoxalat / Oxalsäurelösung (0,2 mol/l, pH 3), 24 h schütteln, zentrifugieren (wie I), filtrieren, auf 50 ml auffüllen
V	Sulfidisch gebundene Phase	Rückstand aus IV in 50 ml Becherglas + 15 ml Wasserstoffperoxid auf Sandbad 2 h digerieren. Rückstand mit 50 ml Ammoniumacetatlösung (1 mol/l) in Zentrifugenbecher spülen, 12 h schütteln, zentrifugieren (wie I), filtrieren, auf 50 ml auffüllen
VI	Residual-fraktion	Rückstand aus V in 20 ml konz. Salpetersäure (suprapur) aufschlännen, dann in 50 ml Langhalskolben. Kochen (2 h bei 120 °C auf Sandbad), Probe mit 50 ml bidest. Wasser auffüllen, in Zentrifugenbecher, zentrifugieren (wie I), membranfiltrieren, auf 50 ml auffüllen

Tabelle 13: Sequentielle Elution nach JACOB et al. (1990)

5.3 Datenbearbeitung

Die hohe Anzahl der abgelegten Meßwerte wurde mittels eines Transferprogramms (REUTER 1993) zu IBM-kompatiblen Datensätzen zusammengefaßt und auf einem PC weiter bearbeitet. Für die Berechnung der statistischen Verfahren stand folgende Software zur Verfügung: dBASE III-Plus, Ashton Tate GmbH; SPSS/PC+ Base and Advanced Statistics V 7.2, SPSS Inc.; \LaTeX ; EXCEL 6.0, Microsoft. Daneben wurde institutsinterne Software eingesetzt (REUTER 1993, 1997).

5.4 Statistische Bearbeitung der Bodenproben

Die statistische Datenbearbeitung erfolgte gemäß Abbildung 7. Im folgenden werden Erläuterungen zu den statistischen Methoden gegeben, denen Algorithmen und mathematische Verfahren nach CLAUSS & EBNER (1989), DAVIS (1973), KAISER & GOTTSCHALK (1972), KAISER & MÜHLBAUER (1983), MARSAL (1979), NALIMOV (1963), REUTER (1993), SCHOENWIESE (1985) zugrunde liegen. Die Datendokumentation findet sich im An-

hang A (Gesamtproben), bzw. Anhang B (ausgewählte Proben). Der komplette Anhang ist auf der beigefügten CD dokumentiert.

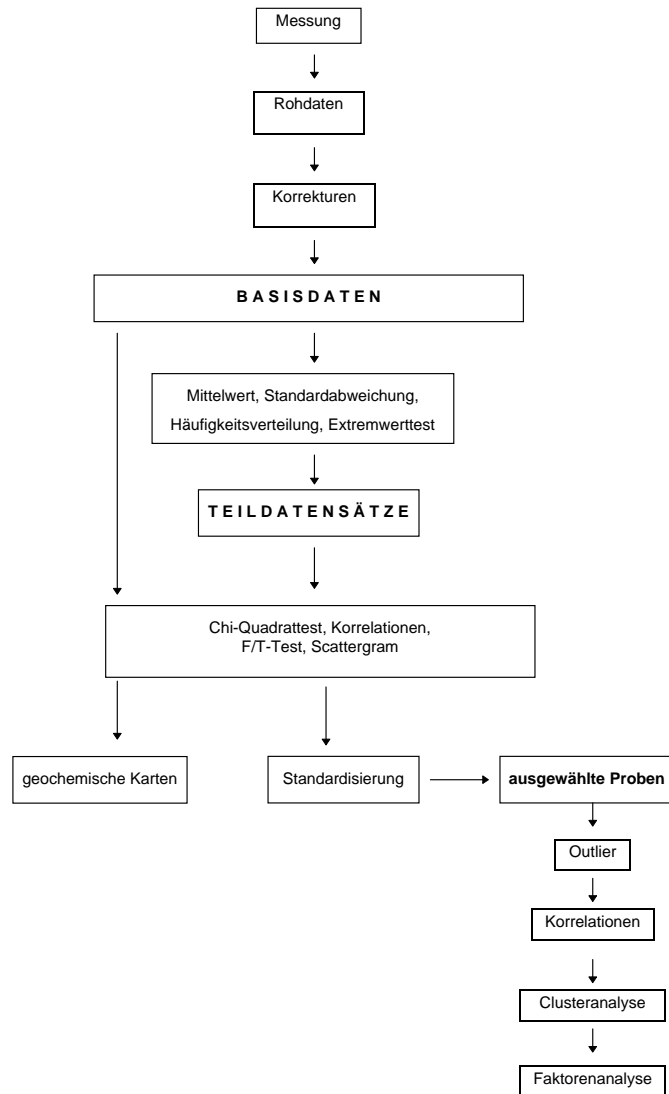


Abbildung 7: Ablauf der statistischen Datenbearbeitung

5.4.1 Häufigkeitsverteilungen

Die Häufigkeitsverteilung zeigt, ob die gemessenen Werte einer Normalverteilung folgen, die Bedingung für die Durchführung der meisten statistischen Tests ist. Fallweise ergaben sich für einige Elemente mehrmodale Verteilungen (Anhang A).

5.4.2 Mittelwerte und Standardabweichungen

Die Mittelwerte wurden als arithmetische Mittel berechnet. Die Grundlage bilden die im Anhang A aufgeführten Elementanalysen.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

Weiterhin wurde für jede Stichprobe die Standardabweichung ermittelt.

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

5.4.3 Nalimov-Test

Der Nalimov-Test (NALIMOV 1963) prüft, ob in der Verteilung, die als Normalverteilung angenommen wird, auftretende Extremwerte Ausreißer sind. Man berechnet die Prüfgröße r^* indem man x^* , den ausreißerverdächtigen Wert, in folgende Formel einsetzt:

$$r^* = \frac{x^* - \bar{x}}{s} \cdot \sqrt{\frac{n}{n-1}} \quad (3)$$

\bar{x} Mittelwert

s Standardabweichung

n Probenzahl

r^* statistische Kenngröße für r-Test

x^* ausreißerverdächtiger Meßwert

r^* Prüfgröße

Durch den Vergleich der Prüfgröße r^* mit der statistischen Kenngröße r (aus der r -Tabelle, abhängig von n und P %) kann ein ausreißerverdächtiger Wert nach folgender Einteilung bewertet werden:

	$r^* < r(95 \%)$	x^* ist kein Ausreißer
$r(95 \%)$	$\leq r^* < r(99 \%)$	x^* ist wahrscheinlich ein Ausreißer
$r(99 \%)$	$\leq r^* < r(99,9 \%)$	x^* ist signifikant ein Ausreißer
$r(99,9 \%)$	$\leq r^*$	x^* ist hochsignifikant ein Ausreißer

Für die vorliegenden Datensätze wurden zunächst die Mittelwerte aller gemessenen Elementgehalte gebildet, anschließend die Extremwerte (wahrscheinliche, signifikante und hochsignifikante Ausreißer) herausgefiltert und erneut gemittelt.

Hierdurch reduzierten sich die Streuungen erheblich. Die ausreißerbereinigten Werte wurden als Grundlage für die geochemischen Karten und für eine weiterführende statistische Bearbeitung verwendet. Anzumerken bleibt, daß analog zum Nalimov-Test zwischenzeitlich eine Reihe weiterer Extremwertbetrachtungen vorgelegt wurden (z.B. Wilk-Schapiro). Unterschiede zu den Resultaten des Nalimov-Testes waren nicht feststellbar.

5.4.4 Chi-Quadrat-Test

Nach dem Aufstellen des Gesamtdatensatzes und der Teildatensätze waren etwaige Abweichungen von der Normalverteilung zu untersuchen. Hierzu wurden die Datensätze in Klassen eingeteilt, deren Mitten jeweils bei ganzzahligen Vielfachen der Standardabweichung des entsprechenden Datensatzes lagen und deren Breite eine Stan-

Standardabweichung betrug. Für jede Klasse wurden die absoluten Häufigkeiten ermittelt und mit der im Falle einer Normalverteilung zu erwartenden Häufigkeit verglichen. Voraussetzung ist hierbei, daß die zu erwartende Häufigkeit jeder Klasse gleich oder größer als 5 ist, was gegebenenfalls durch Zusammenfassen von Klassen erreicht werden kann. Der Prüfwert χ^2 errechnet sich nach

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{f_{b_i} - f_{e_i}}{f_{e_i}} \quad (4)$$

Je größer dieser Wert ist, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, daß die gegebene Verteilung einer Normalverteilung entspricht. Anhand einer Prüftabelle kann entschieden werden, ob es sich um eine signifikant ($\chi^2_{95\%} < \chi^2 < \chi^2_{99,9\%}$) oder hochsignifikant ($\chi^2_{99,9\%} < \chi^2$) von der Normalverteilung differierende Verteilung handelt, oder ob der Fall nicht entschieden werden kann.

5.4.5 Korrelationen und Cluster

Korrelationen erlauben, stochastische Beziehungen zwischen Variablen mit Hilfe eines Korrelationskoeffizienten r zu beschreiben. Genaugenommen dürfen in die Korrelationsanalyse nur Fälle einbezogen werden, die fehlerfrei sind (fallweiser Ausschluß). Bei einer geringen Anzahl von Fehlern erlaubt eine Korrelationsmatrix dennoch eine gute Übersicht über die Beziehungen der Variablen (paarweiser Ausschluß). Die Korrelationskoeffizienten werden miteinander verglichen und ihrer Größe entsprechend zu „Clusterzentren“ in Form eines Dendrogramms zusammengestellt, wobei Aussagen über das wechselseitige Verhalten bzw. Abhängigkeiten der Variablen untereinander möglich sind.

$$r = \frac{1}{(n-1)} \frac{1}{s_x s_y} \sum_{i=1}^n [(x - \bar{x})(y - \bar{y})] \quad (5)$$

5.4.6 Scattergrame

Das Scattergram stellt die Werte der Fälle einer Stichprobe für jeweils zwei Variablen graphisch dar. Jeder Fall wird durch einen Punkt im Koordinatensystem repräsentiert, dessen Koordinaten (x,y) in definierter Beziehung zu den beobachteten Werten der Variablen stehen. Das heißt, der Abszissenwert wird aus Variable A, der Ordinatenwert aus Variable B ($x^* = f(a)$, $y^* = f(b)$) gewonnen. Die einfachste Abbildung ist linear

$$x^* = \frac{a - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \text{Faktor}_x \quad (6)$$

und analog

$$y^* = \frac{b - y_{\min}}{y_{\max} - y_{\min}} \text{Faktor}_y \quad (7)$$

Weiter sind halb- und doppeltlogarithmische (eine/zwei Achsen logarithmisch skaliert) Abbildungen üblich. Scattergrams veranschaulichen die Beziehungen zweier Variablen untereinander und geben Hinweise auf Ausreißer und „Scheinkorrelationen“ (Korrelationen, die durch Ausreißer oder getrennte Populationen vorgetäuscht werden).

5.4.7 F- und T-Test

5.4.7.1 Vergleich zweier Streuungen (F-Test)

Der F-Test vergleicht die Streuungen zweier Stichproben und prüft, ob beide einer gemeinsamen Grundgesamtheit entstammen könnten. Dazu ist der Quotient aus beiden Streuungen zu bilden:

$$\hat{s}_I^2 = s_I^2 \frac{N_I}{N_I - 1} \quad (8)$$

$$\hat{s}_{II}^2 = s_{II}^2 \frac{N_{II}}{N_{II} - 1} \quad (9)$$

$$\text{Streuungsquotient} = \frac{s_{\max}^2}{s_{\min}^2} \quad (10)$$

Je größer dieser Quotient ist, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, daß die Stichproben zwei verschiedenen Populationen angehören. Eine genauere Entscheidung erlaubt der Vergleich des Prüfwertes mit der Snedecor-F-Tabelle.

5.4.7.2 Vergleich zweier Mittelwerte (T-Test).

Vorausgesetzt wird, daß die Grundgesamtheiten annähernd normal verteilt sind und die Streuungen (F-Test) der zu vergleichenden Verteilungen nicht signifikant voneinander abweichen. Der Prüfwert t für zwei Stichproben mit unterschiedlicher Fallzahl wird wie folgt ermittelt:

$$\hat{s}^2 = \frac{N_I s_I^2 + N_{II} s_{II}^2}{N_I + N_{II} - 2} \quad (11)$$

$$t = \frac{|\bar{x}_I - \bar{x}_{II}|}{\hat{s}} \sqrt{\frac{N_I N_{II}}{N_I + N_{II}}} \quad (12)$$

Durch die gleichartige Genese der in den Untersuchungsgebieten untersuchten Böden (Auenböden), ist es sinnvoll und auch von besonderem Interesse, die Mittelwerte der Elementgehalte der einzelnen Horizonte miteinander zu vergleichen, um trotz des gleichen Bildungsmilieus Unterschiede feststellen zu können.

5.4.8 Standardisierung

In den Böden der Untersuchungsgebiete sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der einzelnen Elemente horizont- und teufenspezifisch verteilt. Um diese Mittelwertverteilung (Sollkurve) der einzelnen Elemente in den Bodenhorizonten an einem Probenpunkt repräsentativ nachzuzeichnen, erfolgte eine elementbezogene Standardisierung der Proben eines jeden Horizonts:

$$x^* = \frac{x - \bar{x}}{s} \quad (13)$$

Der standardisierte Mittelwert beträgt 0, die maximale Standardabweichung beträgt 1. Je kleiner s desto besser folgen die Proben dem standardisierten Mittelwert.

5.4.9 Outlier

Aus der Menge der „ausgewählten Proben“ wurden ebenfalls die „Outlier“ entfernt. Hierbei handelt es sich um Proben, die in Bezug auf Einzelelemente nicht als Ausreißer sondern erst bei der Betrachtung der Beziehung mehrerer Variablen untereinander als solche erkennbar sind. So finden sich bei der Regressionsanalyse des öfteren Proben, die außerhalb des Konfidenzbereiches der Hauptpopulation liegen. Die Prüfung auf Outlier erfolgte analog zum Ausreißer-Test nach Nalimov, der Prüfwert wird jedoch aus der Lage des betrachteten Punktes zur Regressionsgerade gewonnen.

$$r^* = \frac{|y - y_r|}{c} \sqrt{\frac{n}{n-1}} \quad (14)$$

$$c = s_y \sqrt{1 - r^2} \quad (15)$$

r^* Prüfgröße

y gemessener Wert (Ist-Wert)

y_r durch die Regression ermittelter Wert (Soll-Wert)

c Konfidenzintervall der Regression

n Anzahl der Proben

s_y Standardabweichung der y -Variablen

5.4.10 Faktorenanalyse

Die Faktorenanalyse faßt von einem Datensatz mit n Variablen diejenigen mit gleichen Eigenschaften zu m neuen Variablen (Faktoren) zusammen, die untereinander nicht korrelieren. Dadurch wird die Dimension des Problems reduziert und die Übersichtlichkeit erhöht. Allerdings sollte die Zahl der zu extrahierenden Faktoren nicht zu hoch gewählt werden.

Als Ergebnis der Faktorenanalyse erhält man

- *die Eigenwertanteile für n Faktoren:* Die Eigenwertanteile beschreiben quantitativ den Anteil der erfaßten Gesamtvarianz des zu untersuchenden Datensatzes. Sie liefern Anhaltspunkte für die Anzahl der zu extrahierenden Faktoren (m), indem versucht wird, durch eine geringe Zahl von Faktoren einen möglichst großen Anteil der Gesamtvarianz (i. A. > 90 %) zu erfassen.
- *die Matrix der Faktorladungen:* Die Faktorladung (f_{mn}) eines Elementes n in den Faktor m kann als Korrelationskoeffizient beider aufgefaßt werden. Außerdem stellt die Faktorladung die Quadratwurzel des vom Faktor m erfaßten Varianzanteils der Variablen n dar. Die Höhe der Ladung eines Elementes auf einen Faktor weist auf das Ausmaß hin, mit dem der Faktor von dem (den) betreffenden Element(en) kontrolliert wird. Gleichzeitig verweisen gemeinsame hohe oder negative Ladungen mehrerer Elemente auf einen Faktor auf Elementgruppierungen, die bei hohem Eigenwertanteil im Allgemeinen in einen geochemisch schlüssigen Zusammenhang gebracht werden können.

- *Factorscores*: Es kann für jede Probe ein theoretischer Einzelwert bezüglich der Faktoren ermittelt werden. Weil die Faktorenanalyse von einem standardisierten Datensatz ausgeht, handelt es sich auch bei den Scores um standardisierte Werte ($\bar{x} = 0, s = 1$; diese Werte werden im weiteren Verlauf zur Erstellung von Karten benötigt).
- *Kommunalitäten*: Die Kommunalität einer Variablen ist die Summe der von den Faktoren erfaßten Varianzanteile und erlaubt eine Abschätzung der Qualität der Analyse. Im Idealfall beträgt die Kommunalität 1,0, also 100 %.

In der Praxis darf der zu untersuchende Datensatz keine Proben mit Fehlwerten, zum Beispiel durch eliminierte Ausreißer, enthalten (listenweiser Ausschluß). Daher kann sich die Anzahl der verwendbaren Proben durch die Durchführung solcher Testverfahren drastisch reduzieren.

5.5 Kartenerstellung

5.5.1 Einzelelementkarten

Zur Interpolation und flächendeckenden Darstellung der Daten wurde das Programm TRISTAN 0.2 (REUTER 1997) benutzt.

Das Verfahren basiert auf einer Delaunay-Triangulation der gegebenen Stützpunktmenge. Innerhalb der einzelnen Dreiecke werden die z -Werte linear interpoliert.

Die Einteilung der Meßwertspannen erfolgte nicht in Klassen gleicher Größe, sondern basiert auf der Verteilung der standardisierten Meßwerte. Dieses Verfahren ermöglicht den Vergleich von Variablen unterschiedlicher Größenordnung.

Die Einteilung erzeugt sieben unterschiedlich große Klassen, deren Grenzen sich aus Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (s) ermitteln lassen (REUTER 1993):

1. stark abgereicherte Klasse: Hier werden die Werte erfaßt, die kleiner als $\bar{x} - 4s$ sind
2. abgereicherte Klasse: Sie umfaßt die Werte zwischen $\bar{x} - 2s$ und $\bar{x} - 4s$
3. schwach abgereicherte Klasse: dieser Klasse wurden die Werte zwischen $\bar{x} - s$ und $\bar{x} - 2s$ zugeordnet.
4. Mittelwertklasse: In diesen Bereich fallen die Meßwerte von $\bar{x} - s$ bis $\bar{x} + s$
5. schwach angereicherte Klasse: $\bar{x} + s$ bis $\bar{x} + 2s$
6. angereicherte Klasse: $\bar{x} + 2s$ bis $\bar{x} + 4s$
7. stark angereicherte Klasse: Werte größer $\bar{x} + 4s$

Die Begriffe „angereichert“ bzw. „abgereichert“ sind hier auf die Verteilung im jeweiligen Kartiergebiet zu verstehen.

6 Ergebnisse

6.1 Mineralphasenbestimmung

Die Edukte der Auenböden beider Standorte sind die im Bereich der Oker- und Eckeraue verbreiteten Lössе (Ecker: Lössе nur im Unterlauf), in die harzbürtiges und mesozoisches, im Mittellauf der Ecker auch verstärkt oberkretazisches, glazifluviatiles und harzbürtiges Material eingestreut ist. Die Kenntnis von den in den Böden auftretenden Mineralphasen ist grundlegende Voraussetzung für ein umfassendes Verständnis der Verteilung ausgewählter Einzuelemente in den einzelnen Bodenhorizonten. Hierbei sind die beschriebenen Mineralzusammensetzungen nicht als Modalbestände aufzufassen, sondern lediglich als Verhältnisangaben, die Unterschiede in den Relativzusammensetzungen der Sedimentproben kenntlich machen und diese Unterschiede in einen Zusammenhang mit dem Schwermetallbindungsvermögen stellen sollen. Betrachtungen der Mineralspektren (Feinsandfraktion) unter dem Binokular runden diese Arbeiten ab. Die zugehörigen Röntgendiffraktogramme, Tabellen und Abbildungen finden sich in Anhang F (s. CD).

6.1.1 Pulverdiffraktogramme

Den Pulverdiffraktogrammen gemäß unterscheiden sich die Mineralbestände in den Böden der einzelnen Untersuchungsgebiete bzw. Bodenhorizonte nur geringfügig voneinander. Die Hauptkomponenten sind — mit wechselnden Anteilen — Quarz, Plagioklas und Kalifeldspat; als Nebengemengteile treten Calcit, Dolomit, Illit und Glimmer, Chlorit sowie Kaolinit auf; akzessorisch sind Gips, Hornblende und Baryt (nur in Heiningen Grünland) nachweisbar. In Heiningen Grünland ist auch Dolomit vergleichsweise häufiger als in den übrigen Untersuchungsgebieten vertreten; desweiteren zeichnen sich — insbesondere die unteren Bodenhorizonte des Untersuchungsgebietes Heiningen Grünland — durch einen höheren Anteil an Schlackenbruchstücken, Hellglimmern und opakem Material aus, wie Betrachtungen unter dem Binokular belegten. Um Aussagen über dieses Mineralspektrum zu erhalten, wurden aus mehreren Proben die Schlackenbruchstücke und das opake Material ausgelesen und halbquantitativ bestimmt, wobei Fayalith als Endglied der Olivinreihe und Quarz das Hauptgemengteil der Probe bilden. Als Nebengemengteile konnten Chlorit, Illit, Baryt und Albit nachgewiesen werden.

Im Untersuchungsgebiet Heiningen Acker treten die höchsten und im Untersuchungsgebiet Heiningen Wald die geringsten Quarzgehalte pro Bodenhorizont auf. Diese Wichtung trifft auch auf die Calcitverteilung zu, steht allerdings in Zusammenhang mit der Flächennutzung: Heiningen Acker wird am intensivsten und regelmäßig aufgekalkt. Die gegenüber Heiningen Wald höheren Karbonatgehalte des Untersuchungsgebietes Heiningen Grünland sind ebenfalls auf die ehemalige landwirtschaftliche Nutzung (Kalkung) bzw. auf das verstärkte Auftreten karbonathaltiger Gangarten zurückzuführen (Bergbauaktivitäten).

Die Feldspatgehalte sind in allen entsprechenden Bodenhorizonten in den Untersuchungsgebieten Heiningen Acker und Heiningen Grünland höher als im Untersuchungsgebiet Heiningen Wald. Sie nehmen mit der Teufe, also mit abnehmender Verwitterungsintensität zu oder bleiben relativ konstant, so daß sie sich generell von oben nach unten anreichern. Heiningen Grünland unterscheidet sich vom Untersuchungsgebiet Heiningen Acker durch höhere Plagioklasgehalte im A_p -, G_o - und G_{ro} -Horizont und geringere im G_{or} - und G_r -Horizont. Die geringeren Plagioklasgehalte in den oberen Bodenhorizonten des Untersuchungsgebietes Heiningen Acker deuten auf eine durch landwirt-

schaftliche Nutzung gesteigerte Verwitterungsintensität hin. Deutlich geringer als in diesen Untersuchungsgebieten sind die Plagioklasgehalte im Untersuchungsgebiet Heiningen Wald.

Als Hauptkomponenten treten am Standort Vienenburg Quarz und Plagioklas auf. Das Untersuchungsgebiet Vienenburg Wald unterscheidet sich von den Untersuchungsgebieten Vienenburg Acker und Vienenburg Grünland durch höhere Calcit-, Dolomit- und Hornblendegehalte. Dies liegt einerseits am Einfluß des hier unter glazifluvialer Bedeckung anstehenden Mergels (Obercampan), andererseits ist das Auftreten von Hornblende auf die unmittelbare Harznähe zurückzuführen.

6.1.2 Tonmineralogische Untersuchungen

Die Tonmineralspektren der Böden wurden halbquantitativ bestimmt. Die einzelnen Untersuchungsgebiete bzw. Bodenhorizonte zeichnen sich durch unterschiedliche Illit- bzw. Kaolinit(+Chlorit)- sowie Wechsellagerungsanteile aus. Die Kaolinit- und Chloritreflexe sind anhand der Aufnahmen nicht eindeutig voneinander zu trennen. Die Röntgenaufnahmen beider Minerale bleiben bei 350 °C unverändert; durch das Erhitzen auf 550 °C werden alle Reflexe des Kaolinites gelöscht, während derjenige des Fe/Mg-Chlorits erhalten bleibt. Zur Unterscheidung von Kaolinit und Chlorit wird in der Literatur auf den 060-Reflex verwiesen. Allerdings liegt der 060-Reflex des Kaolinites bei 1,48 - 1,50 Å, der 060-Reflex des dioktaedrischen Chlorits bei 1,48 - 1,52 Å, so daß die Minerale auch durch die 060- Aufnahme kaum voneinander zu unterscheiden sind.

Der Standort Heiningen zeichnet sich durch mit der Teufe ansteigende Gehalte an quellfähigen Dreischichtmineralen aus, während in den oberflächenbeeinflussten Bereichen Illit, Kaolinit und Chlorite vorherrschen. Da die oberen Bodenhorizonte den Verwitterungsprozessen am stärksten ausgesetzt sind, werden die quellbaren Tonminerale hier stärker illitisiert. Dieser Prozeß ist anhand der Analysen nachvollziehbar, die für die oberen Bodenhorizonte höhere Illitgehalte belegen als für die tieferen (Ausnahme: Untersuchungsgebiet Heiningen Wald).

Im Untersuchungsgebiet Heiningen Acker nehmen die Anteile an Illit- und Wechsellagerungsmineralen vom A_p- zum G_o-Horizont zu, die Illitgehalte zwischen G_o- und G_r-Horizont jedoch kontinuierlich wieder ab. Der Anstieg der Illitgehalte — bei gleichzeitiger Zunahme der Wechsellagerungsminerale — führt zu einer teufenabhängigen quantitativen Veränderung der Tonmineralbestände und ist durch die landwirtschaftliche Bearbeitung verstärkt worden. Da der G_o-Horizont a priori smectithaltiger sein dürfte als der A_p-Horizont, lassen sich durch die bereits erwähnte Illitisierung der oberen Bodenhorizonte die vergleichsweise erhöhten Illitgehalte im G_o-Horizont — auch gegenüber dem G_r-Horizont — schlüssig deuten.

Das Untersuchungsgebiet Heiningen Grünland unterscheidet sich davon durch die (mit Ausnahme des G_o-Horizontes) generell höheren Illitgehalte und durch die vergleichsweise geringe Abnahme der Illitgehalte zwischen G_{ro}- und G_{or}-Horizont. Den höheren Illitgehalten sowie den damit korrespondierenden geringen Anteilen an Wechsellagerungsmineralen liegt entweder ein im Untersuchungsgebiet Heiningen Grünland fortgeschrittener Grad der Illitisierung zu Grunde oder, wie nachfolgend zu diskutieren sein wird, eine intensivere Feldspatverwitterung, die zur Bildung höherer Illitanteile in den unteren Bodenhorizonten führen kann.

Das Untersuchungsgebiet Heiningen Wald zeichnet sich durch mit der Teufe stetig, insgesamt aber nur geringfügig zunehmende Illitgehalte aus. Neben Illitisierungsprozessen ist im Untersuchungsgebiet Heiningen Wald —

aufgrund der in den unteren Bodenhorizonten auftretenden geringen pH-Werte — insbesondere die Feldspatverwitterung zu berücksichtigen, zumal im G_{ro} - bis G_r -Horizont häufig Wechsellagerungen aus fein- und grobklastischem Material auftreten, so daß eine Zufuhr von beispielsweise K-Ionen aus der Feldspatverwitterung der größeren Lagen abgeleitet werden kann.

Am Standort Vienenburg konnten lediglich zwei Bodenhorizonte beprobt werden. Daher soll auf eine tiefendifferenzierende Betrachtung des Tonmineralspektrums verzichtet werden. Die einzelnen Untersuchungsgebiete unterscheiden sich in ihrer tonmineralogischen Charakteristik dahingehend, daß die höchsten Illitgehalte im Untersuchungsgebiet Vienenburg Wald auftreten, ansonsten aber keine nennenswerten Unterschiede in den Tonmineralspektren vorliegen.

6.2 Geochemische Kartierung

Die Akkumulation der bergbauspezifischen Schwermetalle in den Auenböden — insbesondere von Zink, Blei, Cadmium und Kupfer — wird im folgenden anhand der Schwermetallverteilung von Zink über die Untersuchungsflächen beider Standorte beschrieben und interpretiert. Da die Erfassung der Elementkonzentrationen bodenspezifisch erfolgte, ist die nachfolgende Diskussion letztendlich als dreidimensional zu verstehen. Die Beschreibung basiert auf den in Kap. 5.5.1 erläuterten Einzelelementkarten, welche die flächenhafte Verteilung von Klassen unterschiedlicher pH-Werte bzw. Elementkonzentrationen darstellen. Die Abstufungen zwischen „stark abgereicherter“ und „stark angereicherter Klasse“ und die Bezeichnung „geringe“ und „hohe Konzentrationen“ sind dabei elementbezogen und somit relativ. Hier sei nochmals angemerkt, daß die nachfolgend verwendeten quantifizierenden Begriffe aus der statistischen Bearbeitung über alle Proben erfolgen, also aus sämtlichen Bodenhorizonten abgeleitet sind. Die absoluten Klassengrenzen sind in den Legenden der entsprechenden Einzelelementkarten definiert. Zur Interpretation wurde ferner auf die bodenkundliche Kartierung zurückgegriffen, die als Ergebnis visueller Ansprache zwangsläufig subjektiv ist, es allerdings ermöglicht, Besonderheiten im Bodenprofil zu beschreiben, die mit qualitativen Methoden nicht erfaßt werden können. Gestützt wird die Interpretation durch Element/Element- und pH/Element-Korrelationen.

Die flächenhafte Schwermetallverteilung wird exemplarisch anhand der Zinkstrukturen vorgestellt. Die übrigen geochemischen Karten sind in Anhang C.2, die zugehörigen statistischen Kenndaten und kompletten Korrelationsmatrizen im Anhang A.5 dokumentiert. Da eine Vielzahl von Gebieten zu bearbeiten und zu vergleichen war, wird im nachfolgenden Text lediglich der Charakter der Korrelation (positiv, negativ, indifferent) angegeben.

6.2.1 Standort Heiningen

6.2.1.1 Horizontorientierte Elementverteilung: Heiningen Acker

Wie bereits erwähnt, wird die flächenhafte Schwermetallverteilung am Standort Heiningen exemplarisch anhand der Zinkstrukturen vorgestellt. In Tabelle 14 sind die Zinkstrukturen der Untersuchungsfläche Heiningen Acker zusammengefaßt, in Abbildung 8 und 9 sind die Zinkstrukturen der einzelnen Bodenhorizonte dargestellt.

Die geochemischen Strukturen der oberen Bodenhorizonte lassen sich wie folgt erklären: Vom Ufer der Oker, die bei mittleren Abflüssen ca. 1,50 m unterhalb der Geländeoberkante verläuft, fällt das Gelände in nordwestli-

Bhz	Teufe [m u. GOK]	Kurzbeschreibung der geochemischen Strukturen
A _p	0,35	Konzentrische Anreicherungsstrukturen von Ost nach West. Niedrigste Konzentrationen: okernah (östlicher Bereich). Höchste Konzentrationen: okerfern (westlicher Bereich).
G _o	0,70	Auflösung der konzentrischen Struktur des Ap-Horizontes. Genereller Konzentrationsanstieg von E (okernah) nach W (okerfern)
G _{ro}	0,95	Die Klassen höchster Konzentrationen („stark angereichert“ bzw. „angereichert“) liegen sowohl okernah als auch okerfern im südlichen und im nördlichen („angereichert“) Teil des Untersuchungsgebietes. Eine Zone geringerer Anreicherungen quert das Untersuchungsgebiet von NW nach SE mittig.
G _{or}	1,70	Die Klassen höchster Konzentrationen („stark angereichert“ bzw. „angereichert“) befinden sich im nördlichen Bereich, eine Abreicherungsstruktur verläuft mittig (SE - NW).
G _r	2,00	Die Zinkstruktur ist ähnlich wie im Gor-Horizont gegliedert: Hohe Gehalte („stark angereicherte Klasse“) charakterisieren den gesamten nördlichen Bereich, nach Süden schließen sich Abreicherungsstrukturen an.

Tabelle 14: Heiningen Acker: Zusammenfassende Beschreibung der Zink-Strukturen

cher Richtung um ca. 0,50 m ab. Wird das Untersuchungsgebiet überflutet, können Restwässer in einer westlichen Geländedepression auch noch nach Ablauf der Wassermassen mit Schwermetallen hoch belastete Schwebstoffe sedimentieren, die durch landwirtschaftliche Bodenbearbeitung (Pflügen) in den tieferen Untergrund weiter verlagert werden. Die Verteilungsstrukturen der oberen Horizonte sind somit morphologisch und agrartechnologisch bedingt.

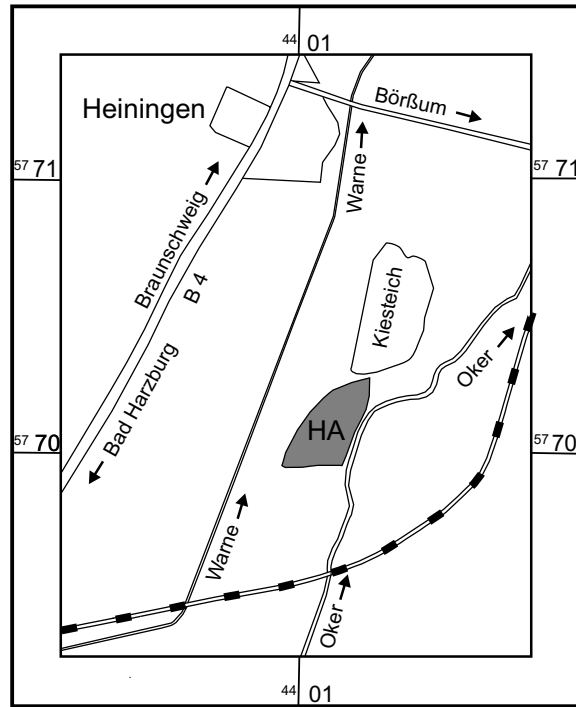
In den unteren Horizonten sind Verteilungsmuster auf ehemalige fluviatile Rinnen und die hieraus resultierenden Sedimentationsbedingungen zurückzuführen. Diese Rinnen — morphologisch nicht mehr erkennbar — konnten mittels Bodenkartierung (Peilstangenbohrungen bis 2 m Tiefe) im häufigen Wechsel von fein- und grobklastischem Material, in Kieslagen und in glimmerreichen Horizonten verfolgt und dargestellt werden. Während die Schwermetalle in allen Bodenhorizonten untereinander positiv korreliert sind, sind Korrelationen mit dem pH-Wert im Regelfall indifferent und fallweise sogar negativ, z. B. fallen geringe pH-Werte ($\bar{x} = 6,68$; schwach sauer) im nördlichen Bereich des G_r-Horizontes mit Schwermetallanreicherungen zusammen, so daß erstere nicht vom pH-Milieu abhängen können. Stattdessen scheint das Angebot mineralischer Komponenten wie beispielsweise Glimmer, Fe/Mn-Hydroxide bzw. -Oxide oder aber organischer Substanzen höheren Einfluß auf die Elementverteilungen zu nehmen. Die Gegenüberstellung der Schwermetallkonzentrationen und pH-Werte mit den mineralischen Komponenten hebt deren Bedeutung für das Schwermetallbindungsverhalten hervor (Tab. 15). Wenngleich es sich nur um eine halbquantitative Auswertung von Pulverdiffraktogrammen mit einer Normierung der mineralischen Komponenten gegen Quarz handelt und die Korrelationskoeffizienten zwischen den mineralischen Komponenten und Schwermetallen bzw. pH-Werten daher kritisch betrachtet werden müssen, weisen zumindest im A_p-Horizont deutliche Tendenzen in der Feinsandfraktion auf einen Einfluß der Schichtsilikate (hier: Hellglimmer) auf das Bindungsverhalten von Schwermetallen hin. Korreliert der pH-Wert mit den Schichtsilikaten negativ, so korrelieren Zink, Cadmium und Kupfer mit der Illit- Hellglimmerkomponente und Chlorit positiv; Blei ist mit Chlorit positiv korreliert. Daneben ergibt sich für Cadmium eine positive Korrelationen zu Calcium, was auf dessen Bindung an die Karbonate hinweist. Im G_o-Horizont lassen sich obige Korrelationen nicht nachvollziehen; auffallend sind hingegen die negativen Korrelationen von Blei mit Plagioklas und Kalifeldspat, wohingegen Blei im G_{ro}-Horizont —

ebenso wie Kupfer und Cadmium — positiv mit Illit bzw. Helleglimmer und Chlorit korreliert sind. Zink ist dagegen mit der mineralischen Komponente indifferent korreliert. Im G_{or} -Horizont geben die Korrelationskoeffizienten keinen eindeutigen Hinweis auf eine Bindung der Schwermetalle an die mineralische Komponente, im G_r -Horizont sind jedoch wiederum positive Korrelationen von Zink und Blei mit der mineralischen Komponente vorhanden.

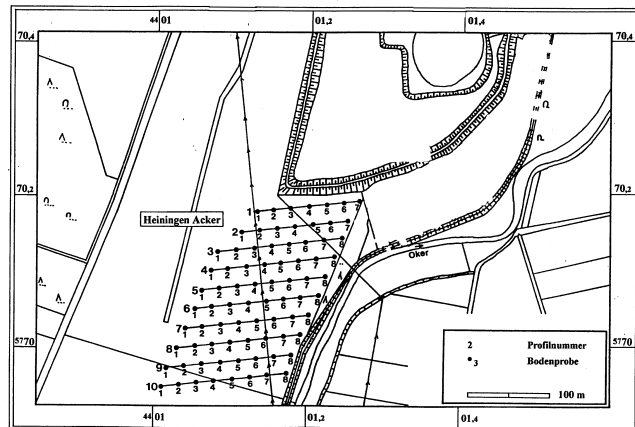
Bhz	Teufe [m u. GOK]	Zink	Blei	Cadmium	Kupfer
A_p	0,35	+	+	+	+
G_o	0,70	+	+	+	+
G_{ro}	0,95	o	+	+	+
G_{or}	1,70	o	o	o	o
G_r	2,0	+	+	o	o

Tabelle 15: Heiningen Acker: Korrelationsanalysen der Schwermetalle und der mineralischen Komponente (jeweilige Mineralkomponente: vgl. Text. += positiv, 0 = indifferent, - = negative Korrelationsbeziehungen; Daten extremwertbereinigt)

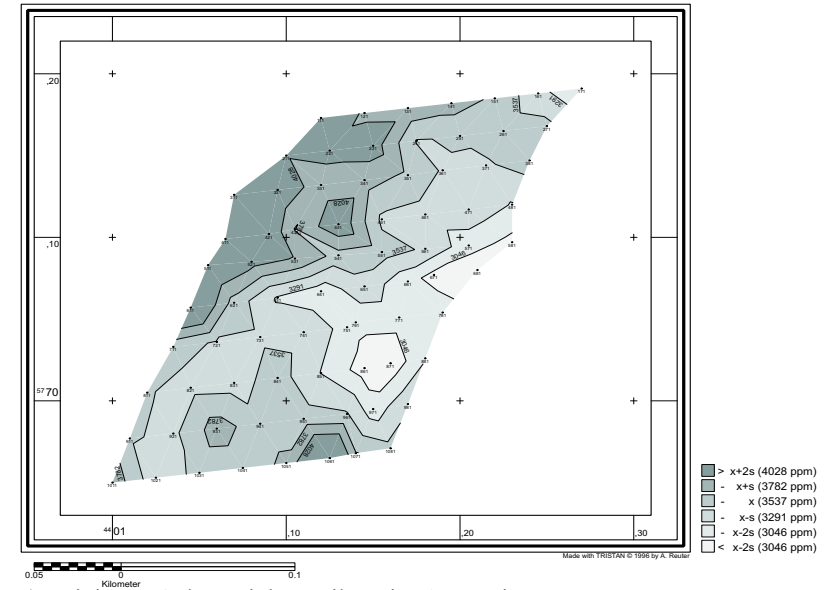
Zusammenfassend bleibt festzustellen, daß die Korrelationen der Schwermetalle durch die Bezüge zu den Mineralinhalten der Bodenhorizonte geprägt werden, wobei vor allem die Kontrolle durch die Anteile von Schichtsilikaten maßgebend sind. In (Tab. 15) sind die Bezüge von Schwermetallen zu Schichtsilikaten dargestellt. Hierbei wird lediglich der Charakter der Korrelation (positiv, negativ, indifferent) angegeben; die komplette Korrelationsmatrix ist dem Anhang A.5 zu entnehmen.



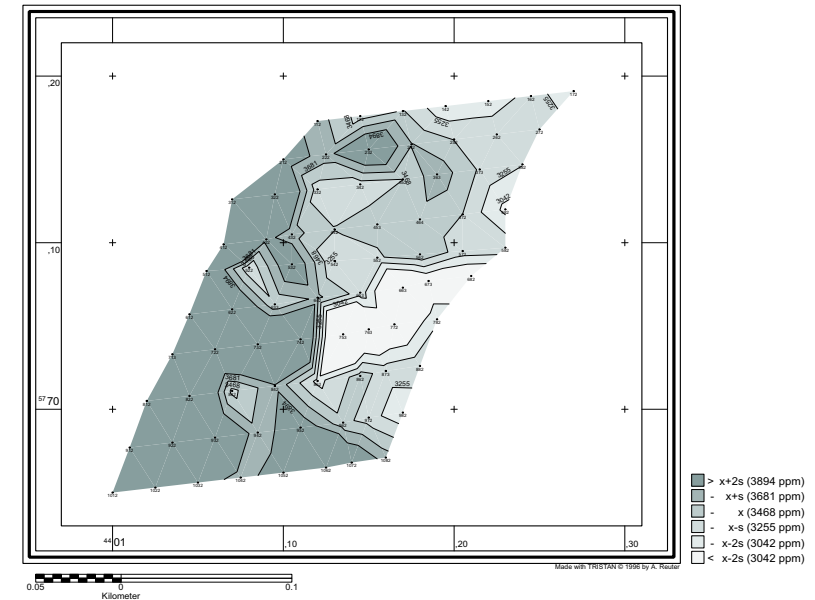
a) Lageskizze Heiningen Acker



b: Probenahmepunkte Heiningen Acker

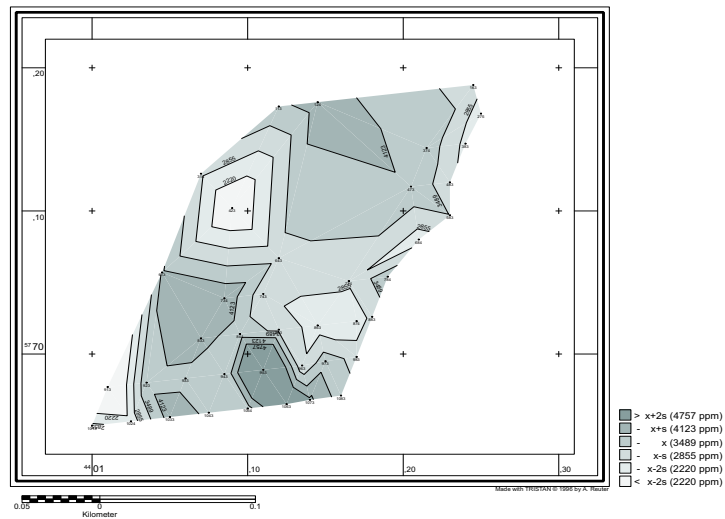


c) Heiningen Acker: Zinkverteilung im Ap-Horizont

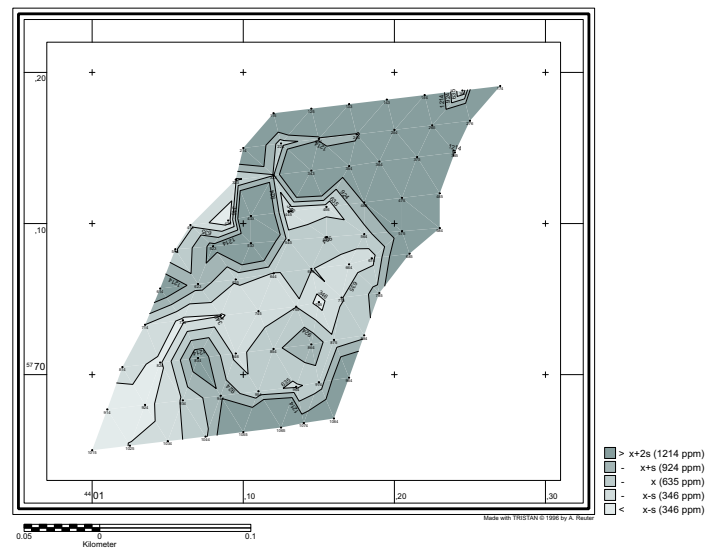


d: Heiningen Acker: Zinkverteilung im Go-Horizont

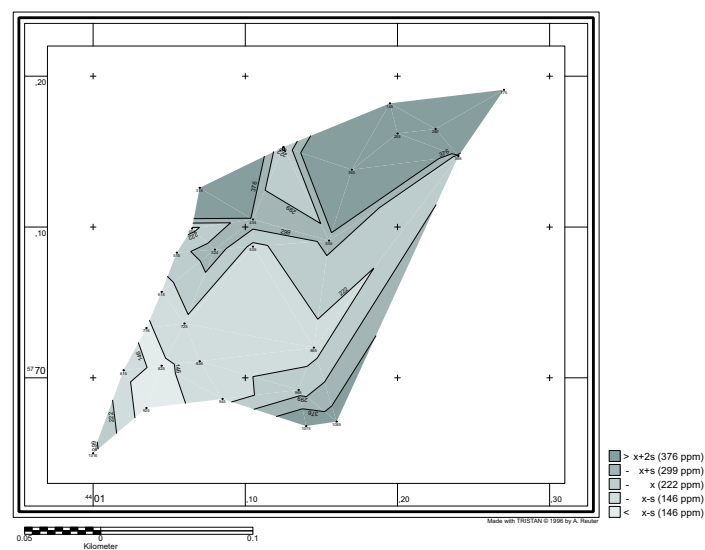
Abbildung 8: Heiningen Acker: Karten a - d



e) Zinkverteilung im Gro-Horizont



f) Zinkverteilung im Gor-Horizont



g) Zinkverteilung im Gr-Horizont

Abbildung 9: Heiningen Acker: Karten e - f

6.2.1.2 Teufenorientierte Elementverteilung: Heiningen Acker

Die drei oberen und beiden unteren Bodenhorizonte sind jeweils durch geringe Schwankungen der pH-Werte ausgezeichnet (Tab. 16). Die pH-Werte der oberen Horizonte liegen zwischen 8,13 (A_p-Horizont) und 8,28 (G_o-Horizont) — der G_{ro}-Horizont liegt mit pH 8,20 dazwischen —, die pH-Werte der unteren Horizonte liegen bei 6,65 (G_{or}-Horizont) bzw. 6,76 (G_r-Horizont). Der pH-Sprung von 8,20 auf 6,65 zwischen G_{ro}- und G_{or}-Horizont markiert den Übergang vom stärker oxidierenden zum weniger stark oxidierenden Milieu, den ebenfalls die Schwermetallkonzentrationen anzeigen: Zink und Cadmium reduzieren sich zwischen G_{ro}- und G_{or}-Horizont auf 20 bzw. 50% der Gehalte, mit denen sie — und jeweils nahezu konstant — in den drei oberen Horizonten vertreten sind. Zink zeigt einen weiteren Rückgang gegenüber dem G_{or}-Horizont, während die Cadmiumkonzentrationen unverändert bleiben.

Bhz	pH	Zn	Pb	Cd	Cu
	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}
		[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]
A _p	8,13	3537	2758	14,36	516
G _o	8,28	3468	2566	13,00	497
G _{ro}	8,20	3489	2319	13,27	434
G _{or}	6,65	635	247	6,98	36
G _r	6,76	222	91	5,85	21

Tabelle 16: Heiningen Acker: ausreißerbereinigte Mittelwerte der Variablen

Demgegenüber nehmen die Blei- und Kupfergehalte in den oberen Bodenhorizonten kontinuierlich zur Tiefe ab. Der Übergang zum reduzierenden Milieu wird durch starke Abreicherungen auf 11 bzw. 8% gegenüber dem G_{ro}-Horizont markiert. Zum G_r-Horizont ist ein weiteres Absinken festzustellen. Der teufenorientierte Elementverlauf (Abb. 10) läßt auf eine bimodale Verteilung des pH-Wertes und der Elemente schließen. Diese Beobachtung wird durch die zugehörigen Histogramme und Scattergrams, die exemplarisch für Zink und Blei den Abbildungen 11 und 12 zu entnehmen sind, bestätigt. Auch die statistischen Testverfahren bestätigen die bimodale Verteilung der Variablen und somit die Untergliederung des Untersuchungsgebietes in teufenabhängige Poulationen.

Da sich die enge chemische Verwandtschaft zwischen Zink und Cadmium in Böden normalerweise in einem relativ konstanten Zn/Cd-Verhältnis von ca. 100 ausdrückt (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1998), zeigen die Zn/Cd-Verhältnisse von 250 in den drei oberen Bodenhorizonten, 90 im G_{or}-Horizont und 37 im G_r-Horizont, daß sich Zink in den oberen Bodenhorizonten gegenüber Cadmium stark angereichert hat, daß im G_{or}-Horizont ein nahezu „normales“ Zn/Cd-Verhältnis vorliegt und daß im G_r-Horizont Cadmium gegenüber Zink relativ angereichert ist.

Der G_{or}-Horizont, durch ein fast „normales“ Zn/Cd-Verhältnis von 90 geprägt, ist Grundwasserspiegelschwankungen ausgesetzt, so daß Cadmium und Zink unter Wassersättigung zunächst als unlösliche Sulfide festgelegt werden, die bei Niedrigwasserständen oxidieren und letztendlich als Sulfate bis in den G_r-Horizont verlagert und dort wiederum als unlösliche Sulfide fixiert werden. Da Cadmium unter diesen Bedingungen mobiler als Zink ist, reichert es sich hier stärker an, was zum Zn/Cd-Verhältnis von 37 führte.

So ist es naheliegend, die signifikante Konzentrationsabnahme sämtlicher Schwermetalle, wie auch den pH-Sprung zwischen G_{ro}- und G_{or}-Horizont, auf den Milieuwechsel (oxidierend / reduzierend) zurückzuführen. Dies wird

auch durch die Korrelationskoeffizienten — die Schwermetalle sind mit dem pH-Wert hochsignifikant positiv korreliert — bestätigt (Tab. 17).

	pH	Zn	Pb	Cd	Cu
	Anzahl der Korrelationspaare				
pH	241	171	195	192	176
Zn	0,89**	209	192	193	185
Pb	0,85**	0,93**	240	207	201
Cd	0,77**	0,94**	0,88**	232	188
Cu	0,85**	0,94**	0,97**	0,89**	215
	Korrelationskoeffizienten				

Tabelle 17: Heiningen Acker: Korrelationsmatrix über alle Bodenhorizonte, extremwertbereinigt

Andererseits muß aber auch eine als „historisch“ zu bezeichnende Komponente berücksichtigt werden. Folgt man DRESCHHOFF (1974), so läßt sich das Untersuchungsgebiet Heiningen Acker stratigraphisch der jüngsten Auenlehm bildung, der des Neindorfer-Komplexes qh (3), zuordnen. Diese setzte ca. 1400 n. Chr. ein und dauert rezent noch an. Übertragen auf das Bodenprofil Heiningen Acker lassen sich die oberen drei Horizonte — bis ca. 100 cm Teufe — dem Hangenden und die beiden unteren Bodenhorizonte (100 cm bis 200 cm) dem Liegenden des Neindorfer Komplexes — charakterisiert durch das Auftreten von Eisenoxiden (Konkretionen und Flecken) — zuordnen. Nach NIEHOFF et al. (1992) stieg mit dem Einsetzen der frühindustriellen Abbauphase vor ca. 130 Jahren die Sedimentationsrate auf ca. 10 mm/a an, wie sie auch von STIER (1979) für den Bereich nördlich von Braunschweig angenommen wurde. Die hieraus resultierenden Ablagerungen von etwa 100 cm Sediment, verknüpft mit einer erhöhten Erzproduktion, erklären die hohen Schwermetallgehalte in den oberen drei Bodenhorizonten, zumal Zinkblende erst Mitte des 19. Jahrhunderts verhüttet werden konnte. Letzteres würde auch das Zn/Cd-Verhältnis von 250 erklären, das eine überproportionale Zinkanreicherung in den Auensedimenten des Harzvorlandes widerspiegelt. Auch die vergleichsweise hohen Blei-, Kupfer- und Cadmiumkonzentrationen in den oberen Bodenhorizonten lassen sich durch das verstärkte Einsetzen der Erzproduktion und der damit erhöhten Sedimentationsrate erklären.

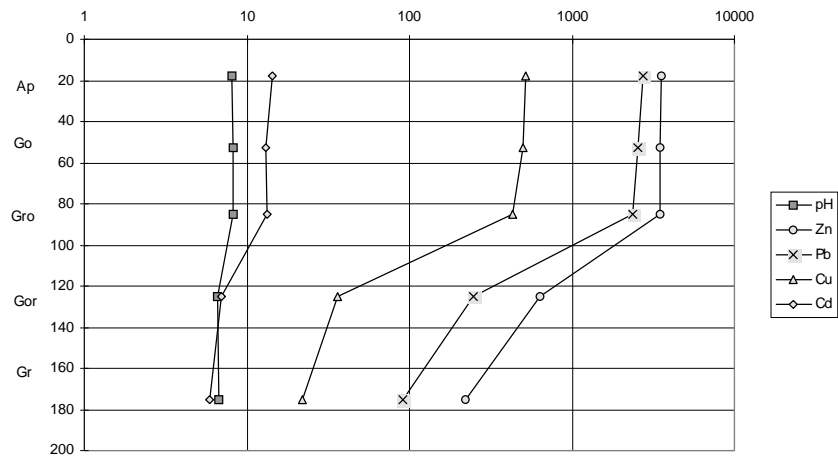
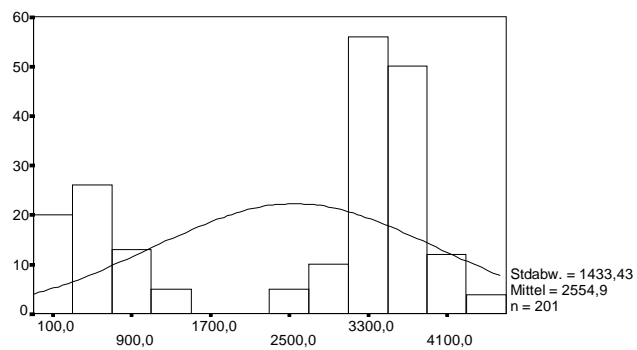
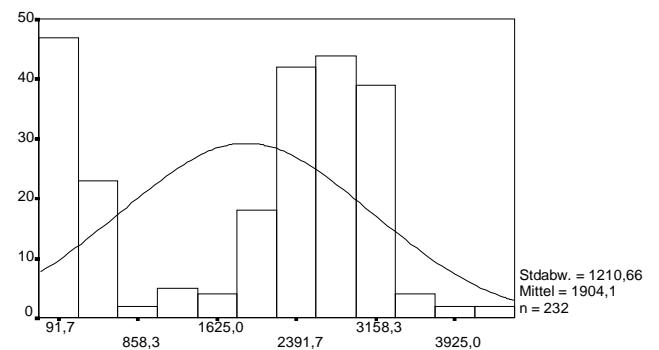


Abbildung 10: Heiningen Acker: Teufenspezifische Element- und pH-Verteilung
(Angaben in ppm; pH [-]; Teufe in cm, log-Skalierung)



Heiningen Acker, alle Bodenhorizonte: Zn (ppm)



Heiningen Acker, alle Bodenhorizonte: Pb (ppm)

Abbildung 11: Heiningen Acker: Häufigkeitsverteilungen von Zink und Blei

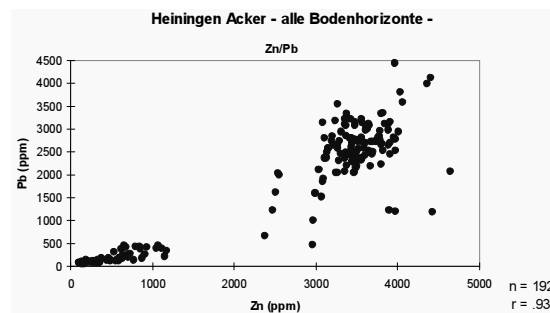


Abbildung 12: Heiningen Acker: Scattergramm Blei gegen Zink

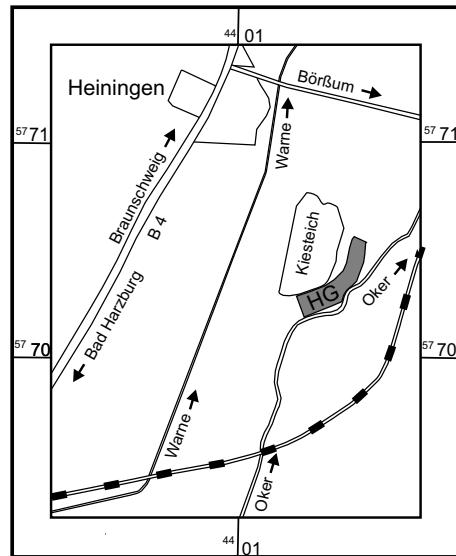
6.2.1.3 Horizontorientierte Elementverteilung: Heiningen Grünland

Die Zinkstrukturen im Untersuchungsgebiet Heiningen Grünland sind in Tabelle tab:Znstuk-HG zusammengefaßt. Ähnlich dem für Zink aufgezeigten Verteilungsmuster (Heiningen Acker) konzentrieren sich in Heiningen Grünland die Schwermetallanreicherungen vom A_p - bis in den G_{or} -Horizont auf den nördlichen und — untergeordnet — auf den okernahen Rand der Untersuchungsfläche, während im zentralen und südlichen Bereich die Gehalte abnehmen (Abbildung 13 und 14). Nur im G_r -Horizont liegen andere Verteilungsstrukturen vor: relative Anreicherungen im südlichen und zentralen Bereich und Abreicherungen in nordöstlicher Richtung. Zusammenhänge mit den pH-Werten lassen sich selbst im schwach sauren Milieu des Gr-Horizontes (geringste pH-Werte) nicht nachweisen.

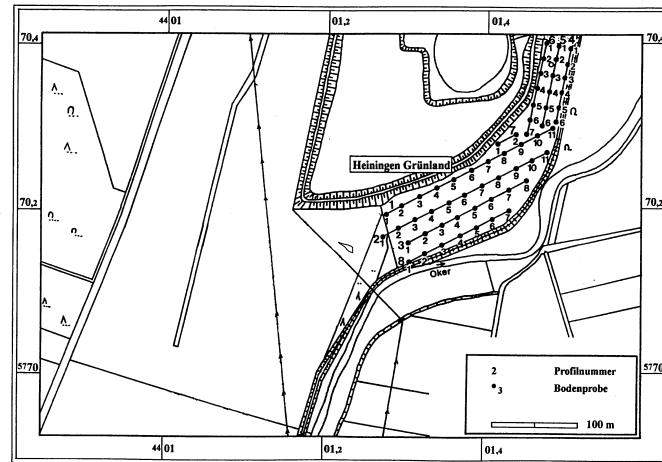
Bhz	Teufe [m u. GOK]	Kurzbeschreibung der geochemischen Strukturen
A_p	0,30	Die höchsten Zinkgehalte liegen im NE und SE im okernahen Bereich und nehmen generell nach SW bzw. W ab.
G_o	0,60	Das Konzentrationsmuster zeichnet sich durch den Übergang von einer „angereicherten Struktur“ im Norden über eine „schwach angereicherte Struktur“ im zentralen Bereich zu einem Areal mittlerer Konzentrationen im südlichen Abschnitt aus.
G_{ro}	0,90	Die höchsten Gehalte konzentrieren sich auf den NE-SE Rand (okernah) der Untersuchungsfläche, die geringsten auf den gegenüberliegenden NW-SW Rand (okerfern). Mittlere Konzentrationen sind flächenhaft am weitesten verbreitet.
G_{or}	1,60	Zink ist durch eine ausgeprägte Anreicherungszone in der nördlichen Hälfte der Untersuchungsfläche charakterisiert. Nach SW wird Zink auf ein „schwach abgereichertes Niveau“ reduziert; zur äußeren SW-Ecke steigen die Konzentrationen wieder an.
G_r	2,00	Die Konzentrationen steigen im oberen Drittel der Untersuchungsfläche von NE nach SW an. Die „schwach angereicherte Klasse“ dominiert die übrigen zwei Drittel der Untersuchungsfläche.

Tabelle 18: Heiningen Grünland: Zusammenfassende Beschreibung der Zink-Strukturen

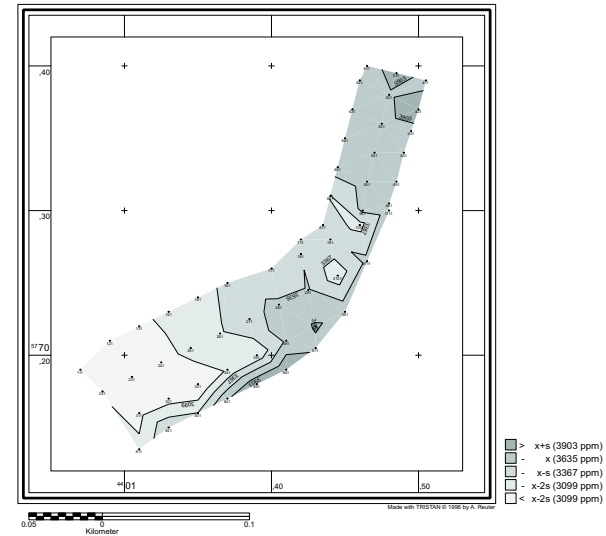
Die Anreicherungen im nördlichen Teil und am okernahen Rand des Untersuchungsgebietes sind an stark humose A_p -Horizonte gebunden, die hier — im Gegensatz zum übrigen Untersuchungsgebiet — ideale Bedingungen zur Fixierung von Schwermetallen liefern. Durch die ehemalige landwirtschaftliche Nutzung und die damit verknüpfte Umlagerung des humusreichen Bodens „pausten“ sich diese Strukturen — allerdings unter Abnahme der organischen Substanz — bis zum G_o -Horizont (ca. 0,30 bis 0,60 m u. GOK) durch. Somit nehmen die Schichtsilikatanteile zur Teufe zunehmenden Einfluß auf die Elementverteilung: Die Korrelationskoeffizienten belegen, daß das Bindungsverhalten von Zink und Cadmium im G_o -Horizont von der mineralischen Phase beeinflusst wird (positive Korrelation von Zink und Cadmium mit Illit (Hellglimmer) und Chlorit (Tab. 19)). Im G_{ro} - und G_{or} -Horizont liegen indifferente Korrelationsbeziehungen vor, während im G_r -Horizont die mineralische Komponente das Bindungsverhalten der Schwermetalle dominiert.



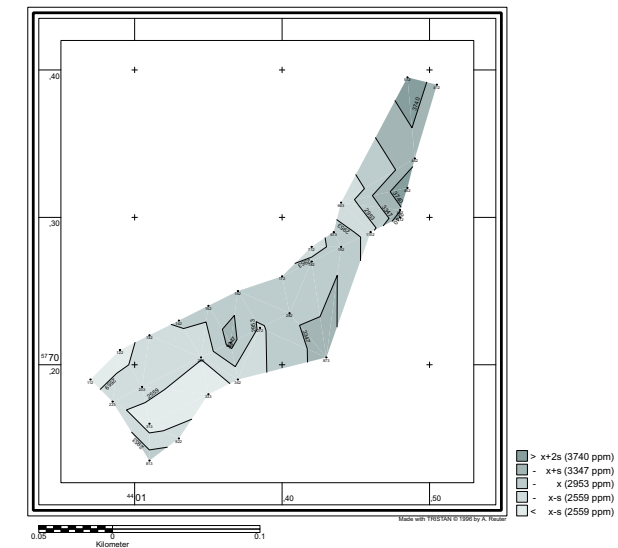
a) Lageskizze Heiningen Grünland



b) Probenahmepunkte Heiningen Grünland

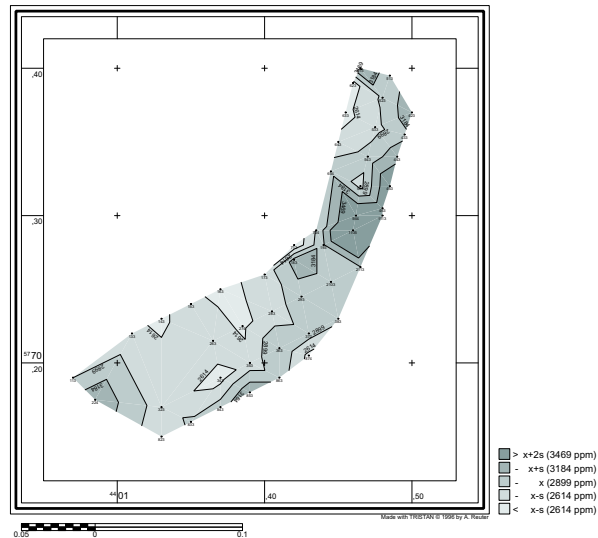


c) Heiningen Grünland: Zinkverteilung im Ap-Horizont

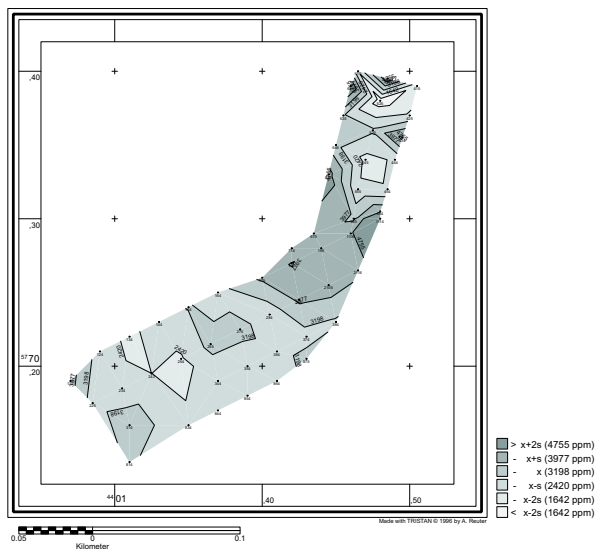


d) Heiningen Grünland: Zinkverteilung im Go-Horizont

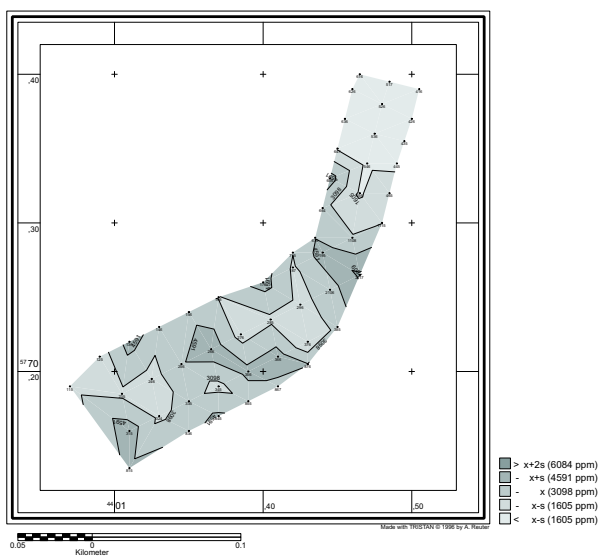
Abbildung 13: Heiningen Grünland: Karten a - d



e) Heiningen Grünland: Zinkverteilung im Gro-Horizont



f) Heiningen Grünland: Zinkverteilung im Gor-Horizont



g) Heiningen Grünland: Zinkverteilung im Gr-Horizont

Abbildung 14: Heiningen Grünland: Karten e - f

Bhz	Teufe [m u. GOK]	Zink	Blei	Cadmium	Kupfer
A _p	0,30	+	o	o	o
G _o	0,60	+	o	+	o
G _{ro}	0,90	o	o	o	o
G _{or}	1,60	o	o	o	+
G _r	2,00	+	+	+	+

Tabelle 19: Heiningen Grünland: Korrelationsanalysen der Schwermetalle und der mineralischen Komponente (Mineralkomponenten: vgl. Text. += positiv, 0 = indifferent, - = negative Korrelationsbeziehungen; Daten extremwertbereinigt)

Gröberklastisches Material, das ungünstigere Adsorptionsbedingungen für Schwermetalle bietet und sehr hohe Quarzgehalte, die „Verdünnungseffekte“ bewirken, sind in der Regel für Abreicherungsstrukturen verantwortlich. Demgegenüber erzeugen opakes Material und Schlackenbruchstücke, Pochsande mit erhöhten Schwermetallkonzentrationen (Kap. 6.3.1), die im G_{or}- und G_r-Horizont gefunden werden konnten, Anreicherungen, so daß die lateralen Verteilungsmuster komplexen Ursprungs sind. Das vom übrigen Profil abweichende Verteilungsmuster im G_r-Horizont — Anreicherungsstrukturen im zentralen und südlichen Teil der Untersuchungsfläche, Abreicherungsstrukturen im N — ist ihm durch eine kleinräumige Abfolge ehemaliger Still- und Bewegtwasserfazies aufgeprägt worden.

6.2.1.4 Teufenorientierte Elementverteilung: Heiningen Grünland

Ein pH-Sprung — wie im Untersuchungsgebiet Heiningen Acker — der den Übergang vom oxidierenden zum reduzierenden Milieu charakterisiert, fehlt in Heiningen Grünland (Tab. 20).

Auch zeigt die Schwermetallverteilung in den Teufen ein völlig anderes Bild als im Untersuchungsgebiet Heiningen Acker. Die Zinkkonzentrationen sinken vom A_p-Horizont (3635 ppm) bis zum G_{ro}-Horizont kontinuierlich auf 2898 ppm ab, steigen — trotz abnehmender pH-Werte und eines Milieuwechsels (oxidierend / reduzierend) — im G_{or}-Horizont geringfügig an und verbleiben im G_r-Horizont in etwa auf diesem Niveau .

Die Blei- und Kupferkonzentrationen nehmen mit zunehmender Teufe kontinuierlich ab (Abb. 15). Signifikante Konzentrationssprünge zwischen den oberen und unteren Bodenhorizonten — wie im Untersuchungsgebiet Heiningen Acker — fehlen hier; dies ist auch anhand der Histogramme und Scattergramme (Abb. 16 und 17) nachvollziehbar. Die Blei- und Kupferkonzentrationen beider Untersuchungsgebiete (Acker, Grünland) sind im A_p- bis G_{ro}-Horizont des Grünlands vergleichbar hoch, deutlich geringere Schwermetallkonzentrationen (bis Faktor 15) finden sich in den beiden unteren Bodenhorizonten des Untersuchungsgebietes Heiningen Acker.

Die Cadmiumgehalte sind über das gesamte Bodenprofil relativ ausgeglichen. Im G_r-Horizont liegen die Cadmiumkonzentrationen geringfügig über denen des A_p-Horizontes und entsprechen somit tendenziell der Teufenverteilung von Zink. Das Zn/Cd-Verhältnis liegt zwischen 300 (A_p-Horizont) und 260 (Gr-Horizont), ein Hinweis darauf, daß sich Zink gegenüber Cadmium in allen Bodenhorizonten stark angereichert hat.

Die Korrelationskoeffizienten zwischen dem pH-Wert und den Schwermetallen spiegeln deren Konzentrationsprofile vom A_p- zum G_r-Horizont wider (Tab. 21). Zink und Cadmium sind mit dem pH-Wert indifferent korreliert; die

Blei- und Kupferkonzentrationen entsprechen denen der pH-Werte. Demzufolge sind diese beiden Schwermetalle mit dem pH-Wert positiv korreliert.

Bhz	pH	Zn	Pb	Cd	Cu
	\bar{x}	\bar{x} [ppm]	\bar{x} [ppm]	\bar{x} [ppm]	\bar{x} [ppm]
A _p	7,71	3635	2922	12,18	535
G _o	8,08	2953	2589	11,54	412
G _{ro}	8,11	2899	2249	10,65	399
G _{or}	6,80	3198	1782	11,67	306
G _r	6,57	3098	1251	12,43	190

Tabelle 20: Heiningen Grünland: ausreißerbereinigte Mittelwerte der Variablen

	pH	Zn	Pb	Cd	Cu
Anzahl der Korrelationspaare					
pH	192	175	165	160	141
Zn	0,01	216	188	187	163
Pb	0,52**	0,69**	203	181	168
Cd	-0,16	0,82**	0,39**	201	154
Cu	0,55**	0,75**	0,94**	0,38**	170
Korrelationskoeffizienten					

Tabelle 21: Heiningen Grünland: Korrelationsmatrix über alle Bodenhorizonte, extremwertbereinigt

Wie Untersuchungen von Sedimentproben unter dem Binokular zeigten, sind die hohen Schwermetallkonzentrationen im G_{or}- und G_r-Horizont durch eine verstärkte Akkumulation von opakem Material und Schlackenbruchstücken bedingt. Dies konnte auch durch die Kartierung und die Kornsummenkurven bestätigt werden, wonach insbesondere der G_r-Horizont einen relativ hohen Anteil an gröberklastischem Material aufweist. Die Röntgen-diffraktogramme stehen ebenfalls mit den chemischen Analysen (Tab. 22) im Einklang, da in der Mischprobe röntgenographisch Fayalith (= Schlacke) und Bleiglanz (= Pochsande) auftraten. Die feinere Untergliederung in einem opaken Anteil erfolgte visuell (Binokular). Während die Schlacken durch bläulich schillernde Anlauffarben und mittlere Rundungsgrade charakterisiert sind, ist das opake Material durch einen sehr guten Rundungsgrad ausgezeichnet. Die Detritusoberflächen sind schwarz glänzend. In (Tab. 22) sind die hohen Schwermetallkonzentrationen von separiertem opakem Material, Pochsanden Schlackenbruchstücken und Hellglimmern, die letztendlich zu einer Erhöhung der Konzentrationen im ohnehin schon belasteten Auensediment führen, zusammengestellt (Summationseffekt). Das opake Material ist durch hohe Eisen- und Mangankonzentrationen charakterisiert. Es ist davon auszugehen, daß es sich um Eisen- und Manganoxide handelt, die als Coatings das Sediment durchsetzen und aufgrund ihrer Adsorptionsaktivität relativ hohe Schwermetallkonzentrationen besitzen.

	Zn	Cd	Pb	Cu	Fe	Mn
opak Anteil / Pochsande	17300	248	35100	2000	22700	10800
Schlacken	13000	75	4500	1250	45500	53000
Hellglimmer	2000	-	-	83	12500	166

Tabelle 22: Schwermetallkonzentrationen in Schlacken, Pochsanden, Opak-Anteil und Hellglimmern. Angaben in ppm

Durch diese Sedimentationsverhältnisse entstand eine kleinräumige Alluvialseife. Alluvionen bilden sich an Stellen reduzierter Strömungsgeschwindigkeit und enthalten im Untersuchungsgebiet meist dunkleres, gröberklastisches Material. Die Entstehung dieser Seife beruht auf der wechselnden fluviatilen Wasserführung und einer damit verbundenen Umlagerung der Sedimente. Die Dynamik des Umlagerungsprozesses wird dabei im wesentlichen durch die Faktoren der hydraulischen Äquivalenz (Dichte), Kornform, Korngröße und der elektrostatischen Eigenschaften der beteiligten Feststoffkomponenten gesteuert (POHL 1992).

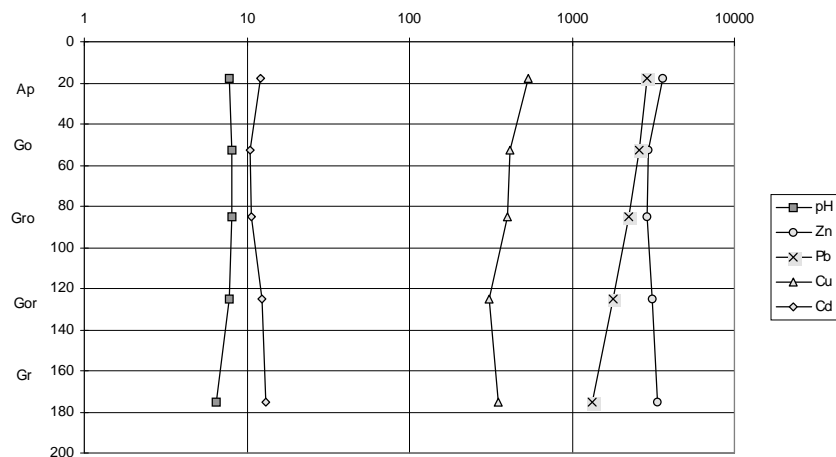


Abbildung 15: Heiningen Grünland: Teufenspezifische Element- und pH-Verteilung (Angaben in ppm; pH [-]; Teufe in cm, log-Skalierung)

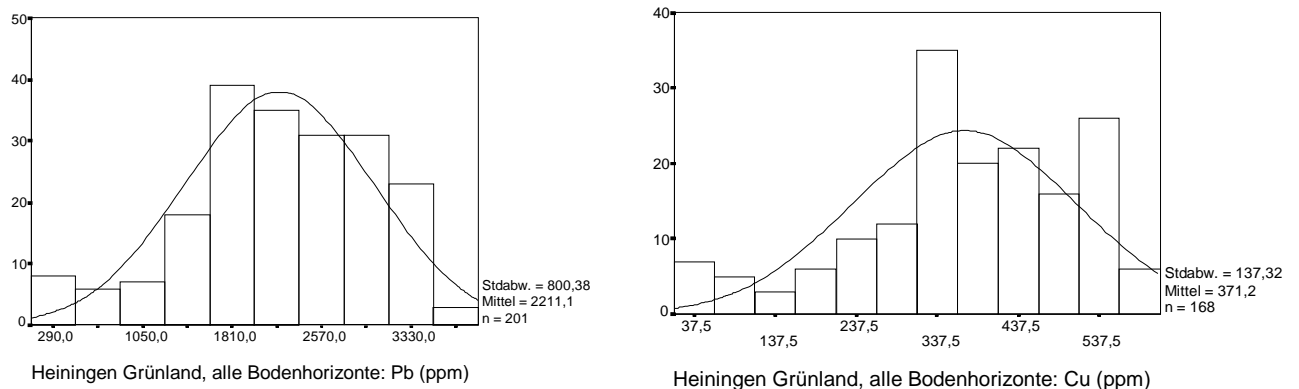


Abbildung 16: Heiningen Grünland: Häufigkeitsverteilungen von Blei und Kupfer

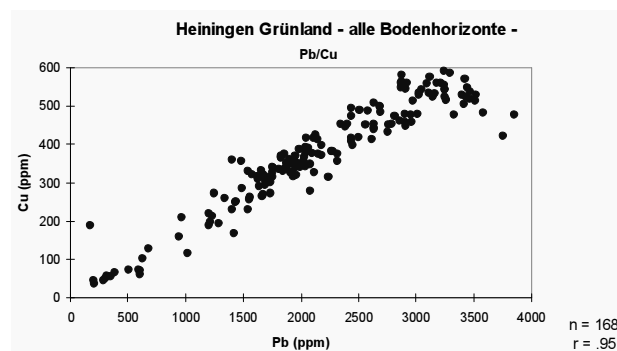


Abbildung 17: Heiningen Grünland: Scattergramm Blei gegen Kupfer

6.2.1.5 Horizontorientierte Elementverteilung: Heiningen Wald

Die Beschreibung der Zinkstrukturen in Heiningen Wald ist in Tabelle 23, die Zinkstrukturen der einzelnen Bodenhorizonte sind den Abbildungen 18 und 19 dargestellt.

Bhz	Teufe [m u. GOK]	Kurzbeschreibung der geochemischen Strukturen
A _h	0,30	Höchste Zinkgehalte treten in Kernbereichen am okernahen Rand des Untersuchungsgebietes auf. Von hier aus erfolgt eine generelle Abreicherung nach NW (okerfern).
G _o	0,70	Zink ist vorwiegend am okernahen Rand "stark angereichert" und geht mit zunehmendem Abstand in eine "angereicherte" und eine "schwach angereicherte Zone" über.
G _{ro}	1,05	Die Zinkkonzentrationen folgen einem komplexen Muster: Es treten in häufigem Wechsel sowohl An- als auch Abreicherungsflächen von jeweils geringer Ausdehnung auf; klare und zusammenhängende geochemische Strukturen sind nicht erkennbar.
G _{or}	1,70	Zink prägt den größten Teil der Untersuchungsfläche durch eine "stark angereicherte Struktur", die jedoch im zentralen Bereich - östlich der Warne - von einer schmalen N-S streichenden Zone geringerer Konzentrationen durchschnitten wird.
G _r	2,00	Die "stark angereicherte Klasse" beherrscht das gesamte Untersuchungsgebiet zu ca. 90 %. Eingestreut sind relativ kleine bzw. schmale Zonen geringerer Konzentration (Abb. 16 f).

Tabelle 23: Heiningen Wald: Zusammenfassende Beschreibung der Zink-Strukturen

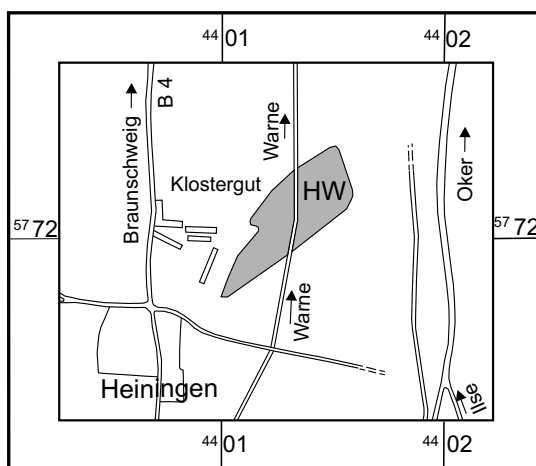
Die Befunde können wie folgt zusammengefaßt werden: Positive Korrelationen (Tab. 24) der Schwermetallgehalte mit den pH-Werten treten weder in vertikaler noch in horizontaler Richtung auf. Schwermetallabreicherungen fallen im A_h- und G_o-Horizont mit erhöhten pH-Werten zusammen; eine negative Korrelation besteht zwischen dem pH-Wert und Blei. Diese Konstellation ist auf den Einfluß der Kalkung der unmittelbar nördlich angrenzenden Ackerflächen zurückzuführen. Durch die vorherrschenden Westwinde werden Kalkstäube in den randlichen Bereich des Untersuchungsgebietes eingetragen, die sich dort niederschlagen und zur pH-Erhöhung führen. Darüberhinaus zeigten Untersuchungen zur Schwermetallodynamik im Boden (SCHACK-KIRCHNER 1994, GÖTTLEIN & PRUSCHA 1991), daß nach einer Kalkung verstärkt organische Stoffe, die Schwermetalle zu komplexieren vermögen, in Lösung gehen und daher im gesamten Randbereich der Untersuchungsfläche Schwermetalle in tiefere Bereiche verlagert und damit oberflächennah abgereichert worden sind. Somit sind die beschriebenen Strukturen und Bindungsmechanismen zumindest noch auf den G_o-Horizont übertragbar. Dazu kommen im G_o-Horizont bereits positive Korrelationen von Zink und Cadmium mit der mineralischen Phase (Hellglimmer, Chlorite), die für Cadmium im A_h-Horizont noch fehlten (Tab. 24). Dem kleinräumigen Wechsel von An- und Abreicherungsstrukturen im G_{ro}-Horizont stehen die ausgeprägten und recht homogen wirkenden Schwermetallstrukturen des G_{or}- und auch des G_r-Horizontes gegenüber (Abbildung 19). Positive Korrelationen sämtlicher Schwermetalle mit der mineralischen Phase (Illit (Hellglimmer), Chlorite) konnten für den G_r-Horizont nachgewiesen werden.

Dieses Korrelationsmuster läßt sich dahingehend interpretieren, daß zumindest im G_r-Horizont das Bindungsverhalten der Schwermetalle von der mineralischen Komponente beeinflusst wird. Die positive Korrelation der genannten Erzemetalte mit Calcium (s. Anhang A.5) verweist auf einen Materialeintrag durch die Warne, die vom Oder kommend, vorzugsweise Karbonate, Löss und Hanglehme in diesem Bereich abgelagerte, so daß es zu einer

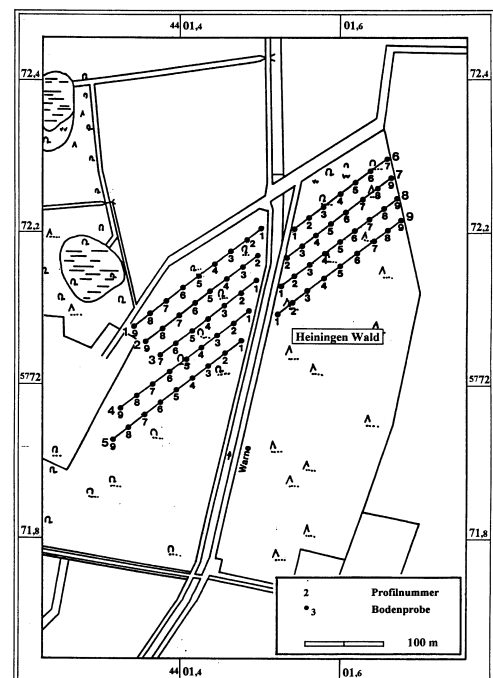
Bhz	Teufe [m u. GOK]	Zink	Blei	Cadmium	Kupfer
A _p	0,30	+	o	o	o
G _o	0,70	+	o	+	o
G _{ro}	1,05	o	o	o	o
G _{or}	1,70	o	o	o	+
G _r	2,00	+	+	+	+

Tabelle 24: Heiningen Wald: Korrelationsanalysen der Schwermetalle und der mineralischen Komponente (Mineralkomponenten: vgl. Text. += positiv, 0 = indifferent, - = negative Korrelationsbeziehungen; Daten extremwertbereinigt)

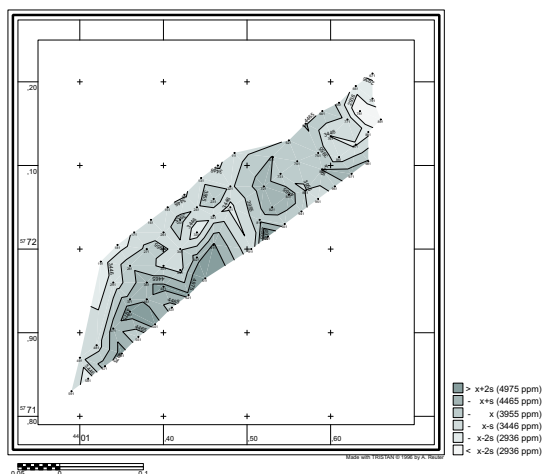
Vermischung von belastetem Okersediment mit unbelastetem Warnesediment kam. Dies manifestiert sich in einer N-S streichenden Abreicherungsstruktur (alle Bodenhorizonte).



a) Lageskizze Heiningen Wald

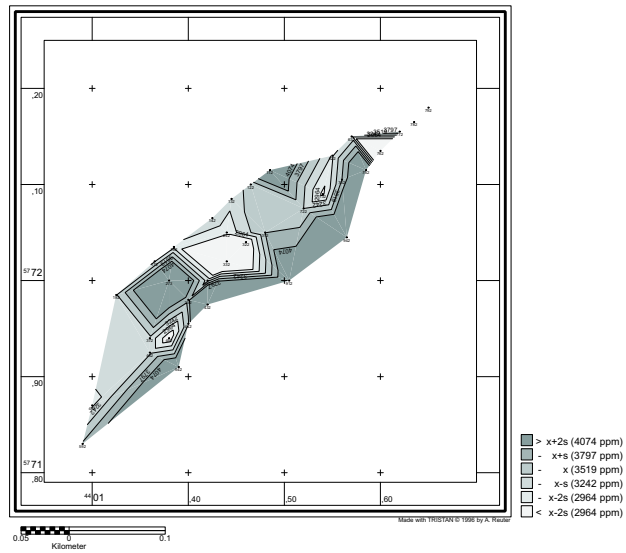


b) Probenahmepunkte Heiningen Wald

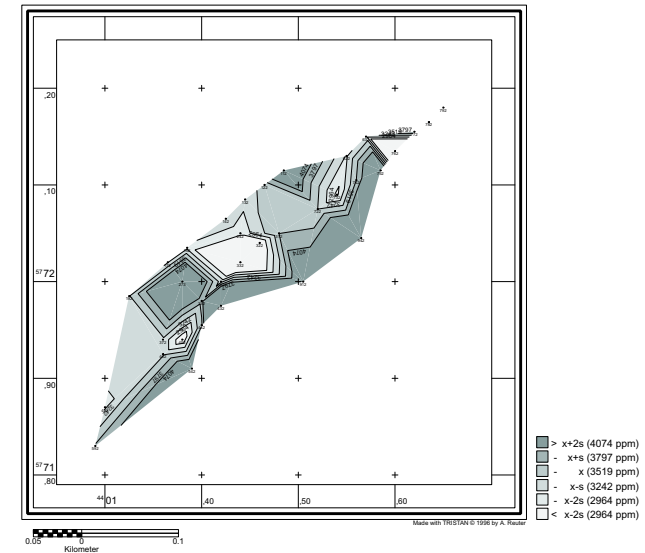


c) Heiningen Wald: Zinkverteilung im Ah-Horizont

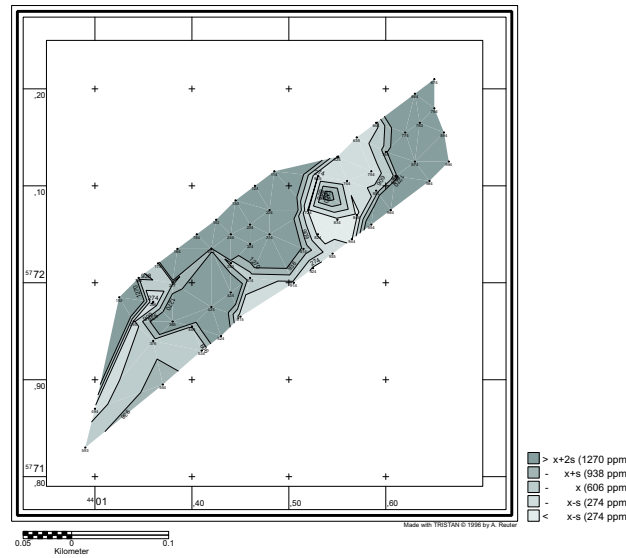
Abbildung 18: Heiningen Wald: Karten a - c



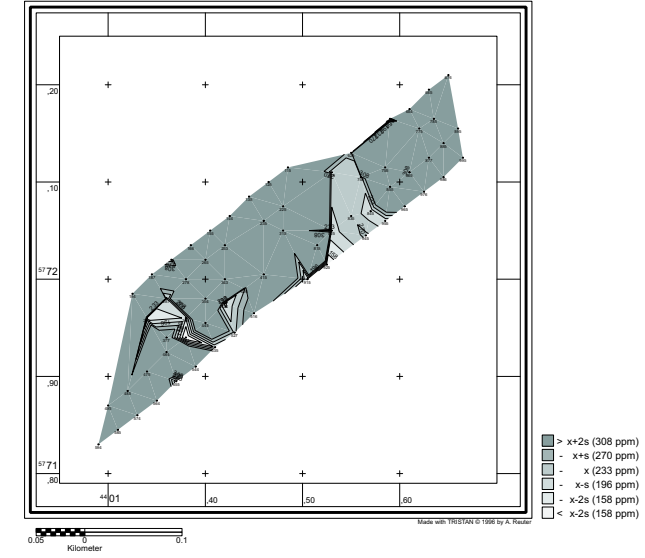
d) Heiningen Wald: Zinkverteilung im Go-Horizont



e) Heiningen Wald: Zinkverteilung im Gro-Horizont



f) Heiningen Wald: Zinkverteilung im Gor-Horizont



g) Heiningen Wald: Zinkverteilung im Gr-Horizont

Abbildung 19: Heiningen Wald: Karten d - g

6.2.1.6 Teufenorientierte Elementverteilung: Heiningen Wald

Im Unterschied zu den bisher dargestellten schwanken die pH-Werte im Untersuchungsgebiet Heiningen Wald nur gering. Die höchsten pH-Werte ($\text{pH} = 6,66$) treten im A_h -Horizont, die geringsten ($\text{pH} = 6,35$) im G_r -Horizont auf (Tab. 25). Abbildung 20 zeigt die teufenorientierte Verteilung der pH-Werte und Schwermetalle. Ähnlich wie im Untersuchungsgebiet Heiningen Acker sind die Schwermetalle bimodal verteilt, wie die zugehörigen Histogramme und Scattergrams (Abb. 21 und 22) und statistischen Tests erkennen lassen.

Bhz	pH	Zn	Pb	Cd	Cu
	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}
		[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]
A_h	6,66	3955	3316	24,91	588
G_o	6,44	3519	3939	16,05	584
G_{ro}	6,45	3837	3352	16,34	556
G_{or}	6,37	606	156	8,86	32
G_r	6,39	233	112	7,30	31

Tabelle 25: Heiningen Wald: ausreißerbereinigte Mittelwerte der Variablen

Die Schwermetalle sind miteinander hochsignifikant positiv und mit dem pH-Wert indifferent korreliert. Dies ist durch die Verteilung der pH-Werte bzw. der Schwermetallkonzentrationen vom A_p - bis zum G_r -Horizont bedingt (Tab. 26). Während der pH-Wert über das gesamte Bodenprofil nur geringfügigen Schwankungen unterliegt, weisen die Schwermetalle signifikante Konzentrationssprünge zwischen G_{ro} - zum G_{or} -Horizont auf, so daß ihr teufenabhängiger Verlauf im Gegensatz zum Verlauf der pH-Werte steht.

	pH	Zn	Pb	Cd	Cu
Anzahl der Korrelationspaare					
pH	230	149	167	186	155
Zn	0,18*	188	169	172	158
Pb	0,02	0,89**	214	186	186
Cd	0,19**	0,82**	0,75**	235	170
Cu	0,08	0,91**	0,96**	0,80**	197
Korrelationskoeffizienten					

Tabelle 26: Heiningen Wald: Korrelationsmatrix über alle Bodenhorizonte, ausreißerbereinigt

Heiningen Wald zeichnet sich gegenüber Heiningen Acker und Heiningen Grünland durch die höchsten Schwermetallkonzentrationen in den oberen Bodenhorizonten aus. Mit dem Übergang vom oxidierenden (G_{ro} -Horizont) zum reduzierenden Milieu (G_{or} -Horizont) tritt ein signifikanter Konzentrationsrückgang — bis zu 95% (Blei) — sämtlicher Schwermetalle auf. Obwohl die pH-Werte bereits ein leicht saures Milieu anzeigen, ist ein Effekt hinsichtlich der Mobilisierung der Schwermetalle in den oberen Bodenhorizonten nicht erkennbar. Lediglich der Rückgang der Cadmiumkonzentrationen von 25 ppm im A_h -Horizont auf 16 ppm im G_o -Horizont kann mit einer schwachen Bodenversauerung in Verbindung stehen. Wahrscheinlich überkompensieren in diesen Bodenhorizonten geochemische Bindungsmechanismen den Einfluß des geochemischen Milieus und fördern dadurch eine Schwermetallfixierung in den oberen drei Bodenhorizonten.

Generell sind in diesem Bereich die hohen Schwermetallkonzentrationen der oberen Bodenhorizonte durch erhöhte Schlackeneinträge bedingt, wobei allerdings organische Stoffe, die Schwermetalle zu komplexieren und mitzutransportieren vermögen, eine Verlagerung der Schwermetalle begünstigen können.

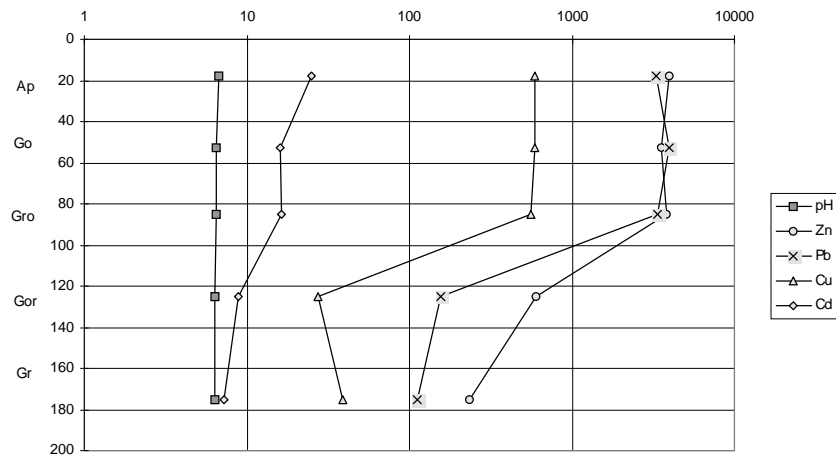


Abbildung 20: Heiningen Wald: Teufenspezifische Element- und pH-Verteilung
(Angaben in ppm; pH [-]; Teufe in cm, log-Skalierung)

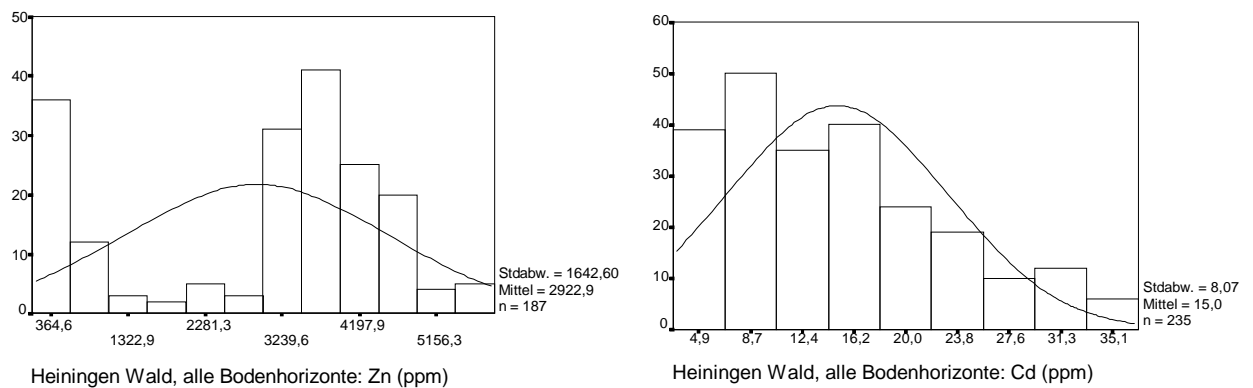


Abbildung 21: Heiningen Wald: Häufigkeitsverteilungen von Zink und Cadmium

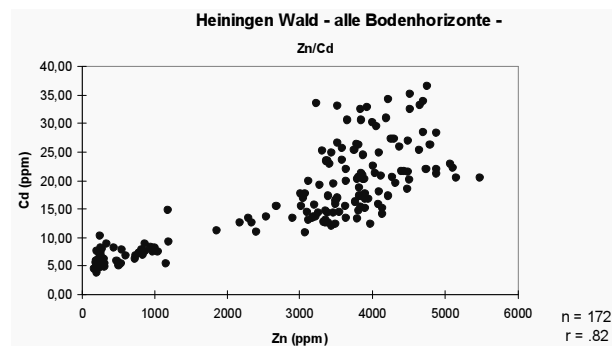


Abbildung 22: Heiningen Wald: Scattergramm Zink gegen Cadmium

6.2.2 Standort Vienenburg

Im Bereich der Untersuchungsgebiete Vienenburg Acker, Grünland und Wald konnten sich nur zwei durchgängige Bodenhorizonte entwickeln. Die Konzentrationsänderungen zur Tiefe sollen auch hier anhand des Beispielelementes Zink genauer erläutert werden. Die statistischen Kennwerte sind in den Tabellen 27 bis 32 abgelegt.

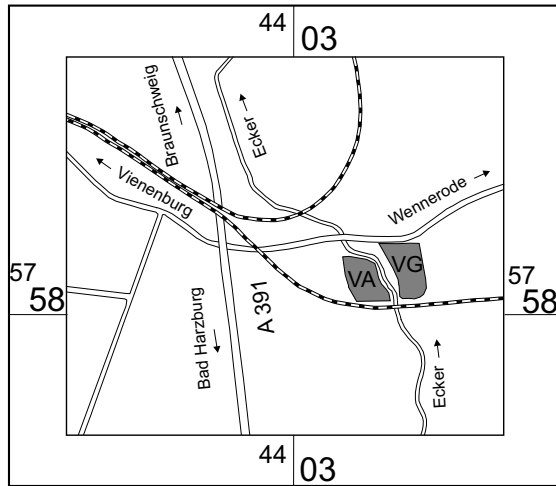
6.2.2.1 Horizontorientierte Elementverteilung: Vienenburg Acker

A_p -Horizont (0,0 - 0,30 m) Vorherrschend ist die „stark angereicherte Klasse“. Erhöhte Zinkkonzentrationen nehmen die nördliche Hälfte bzw. das nördliche Drittel der Untersuchungsfläche ein. Südlich und bis zum S-Rand dominierend schließt sich eine Zone „mittlerer Gehalte“ an (Abb. 23)

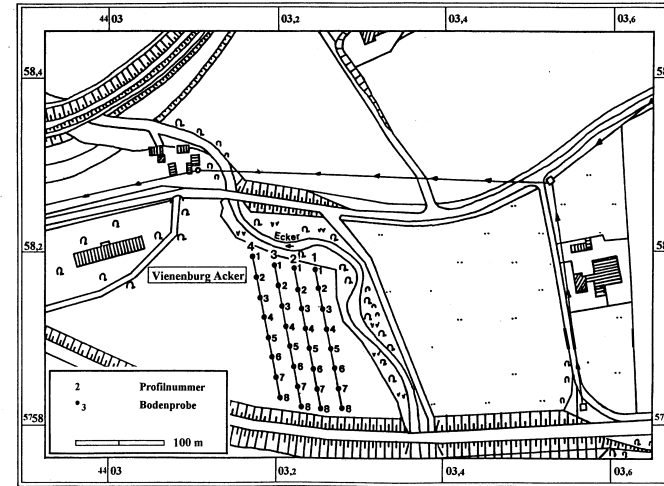
$\Pi_{(Go)}M$ -Horizont (0,75 - 1,10 m) Das Muster des A_p -Horizontes paust sich in abgeschwächter Form durch. Eine von der NW-Ecke der Untersuchungsfläche nach SW ragende Zone der „angereicherten Klasse“ (Höchstwerte) wird von einer weitflächigen Zone der „schwach angereicherten Klasse“ umgeben, die flächenhaft dominiert. Südlich schließt eine Zone „mittlerer Gehalte“ und am S-Rand der Untersuchungsfläche eine Fläche „schwach abgereicherter Gehalte“ an.

Die Schwermetallanreicherungsstrukturen der weiteren Elemente (Anhang C.2) — außer der des Cadmiums — prägen den nördlichen bzw. zentralen Teil des Untersuchungsgebietes, wobei der nordöstliche Teil im unmittelbaren Einflußbereich der Ecker liegt und bei Hochwässern rezent noch überflutet wird, so daß gute Sedimentationsbedingungen für Schwebstoffe und die hieran geknüpften Schwermetalle vorliegen; Korrelationen zwischen den Elementen und den mineralischen Komponenten sind allerdings nicht vorhanden.

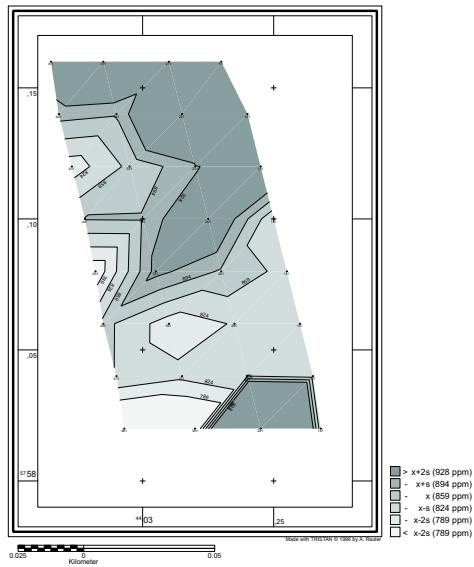
Die Abreicherungsstrukturen im südlichen Teil des Untersuchungsgebietes sind auf den Eintrag von unbelastetem kolluvialen Material der südlich angrenzenden Hänge zurückzuführen, was im südlichen Teil zu einer Vermischung von belastetem mit unbelastetem Bodenmaterial und damit zu einer „Verdünnung“ führte. Auch im $\Pi_{(Go)}M$ -Horizont lassen sich in groben Zügen die gleichen Schwermetallstrukturen erkennen; das geochemische Muster des A_p -Horizontes „paust“ sich aufgrund der landwirtschaftlichen Nutzung und der hieran verknüpften Verlagerung des Bodenmaterials auf diesen Horizont durch.



a) Lageskizze Vienenburg Acker und Vienenburg Grünland



b) Probenahmepunkte: Vienenburg Acker



c) Vienenburg Acker: Zinkverteilung im Ap-Horizont



d) Vienenburg Acker: Zinkverteilung im II(Go)M-Horizont

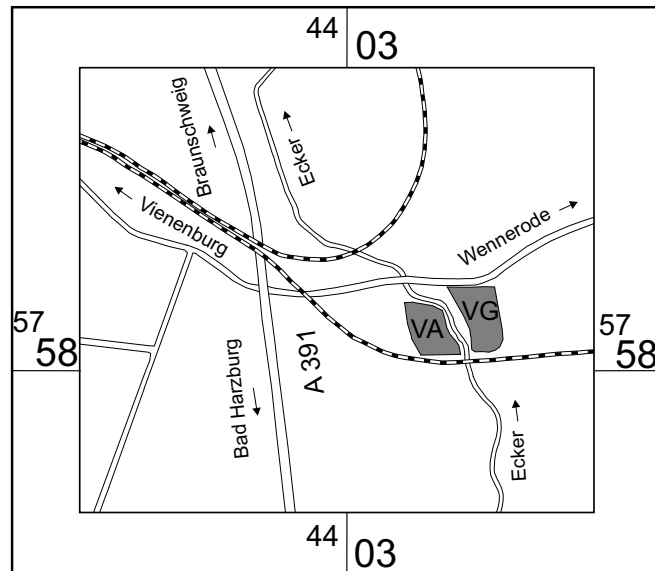
Abbildung 23: Vienenburg Acker: Karten a - d

6.2.2.2 Horizontorientierte Elementverteilung: Vienenburg Grünland

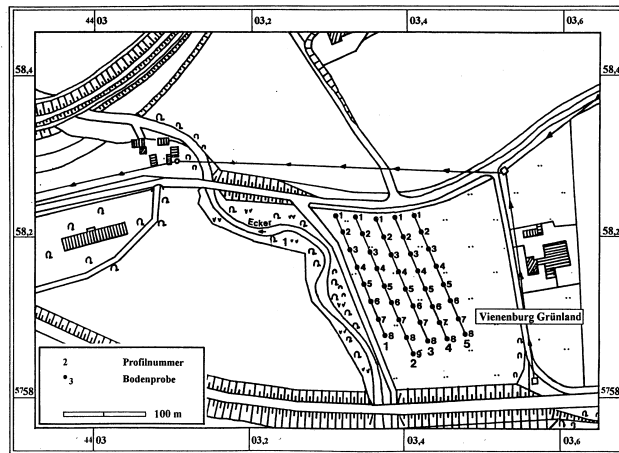
A_p-Horizont (0,0 - 0,35 m) Zink bildet NW-SE streichende, nach NE bzw. N abgereicherte Strukturen unterschiedlicher flächenhafter Ausdehnung. Ähnlich wie bei Vienenburg Acker liegen daher die höchsten Konzentrationen hauptsächlich im eckernahen Bereich, die niedrigsten eckerfern (Abb. 24).

II_(Go)M-Horizont (0,75 - 1,10 m) Die Zinkstruktur ist prinzipiell ähnlich wie im A_p-Horizont, sie ist jedoch schlechter durchgezeichnet als in Vienenburg Acker.

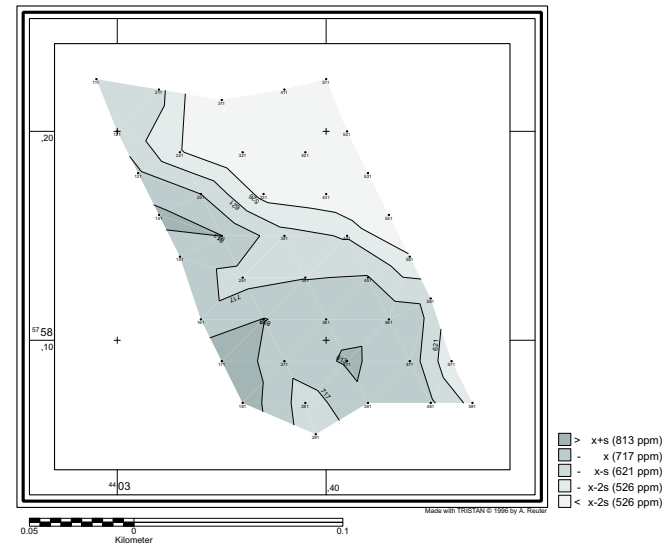
Elementanreicherungen parallel zum eckernahen Rand der Untersuchungsfläche sind auf dessen Lage im Überflutungsbereich der Ecker zurückzuführen, die günstige Bedingungen für die Akkumulation von Schwermetallen im A_p-Horizont stellt. Die im nordöstlichen Bereich auftretenden Abreicherungsstrukturen sind durch Schwemmlöseinträge aus der Mittelterrasse bedingt, die sich morphologisch deutlich nach Osten gegen das Untersuchungsgebiet heraushebt. Hierbei kommt es, wie auch auf der Untersuchungsfläche Vienenburg Acker, zu Verdünnungseffekten, die letztendlich die Abreicherungsstrukturen erzeugen. Durch den Eintrag von Schwemmlöß, der primär höhere Karbonatgehalte als der Auenlehm führt, leitet sich auch die pH-Anreicherungsstruktur ab.



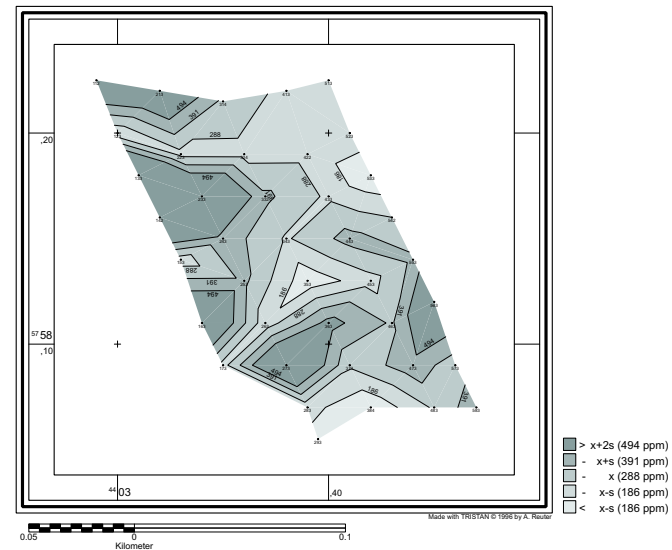
a) Lageskizze Vienenburg Acker und Vienenburg Grünland



b) Probenahmepunkte Vienenburg Grünland



b) Vienenburg Grünland: Zinkverteilung im Ap-Horizont



d) Vienenburg Grünland: Zinkverteilung im II(Go)M-Horizont

Abbildung 24: Vienenburg Grünland: Karten a - d

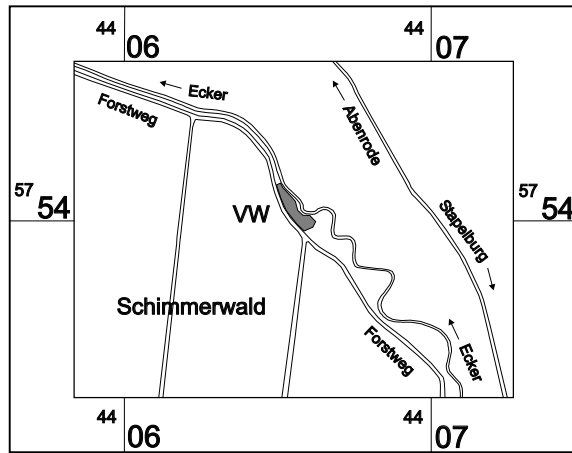
6.2.2.3 Horizontorientierte Elementverteilung: Vienenburg Wald

A_h -Horizont (0,0 - 0,20 m) Die Zinkkonzentrationen zeigen kein klares Verteilungsmuster. Generell herrscht ein kleinräumiger Wechsel der höheren, durchschnittlichen und geringeren Konzentrationsklassen vor, wobei tendenziell im südlichen Bereich, oft bis in den zentralen Bereich der Untersuchungsfläche reichend, Anreicherungsstrukturen dominieren („schwach angereicherte“ bis „stark angereicherte Klasse“ (Abb. 25).

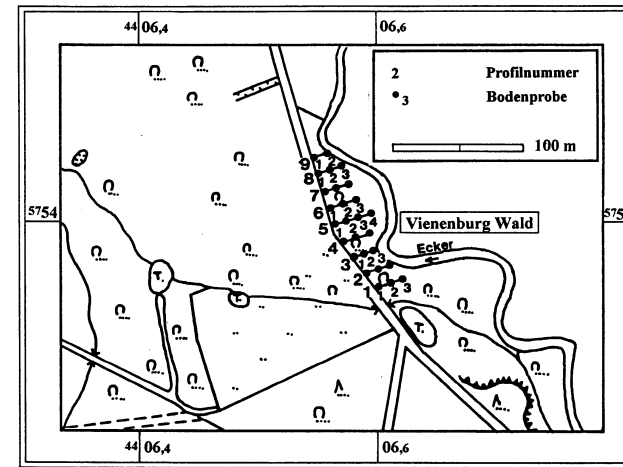
$II_{(Go)}M$ -Horizont (0,20 - 0,60 m) Die im A_h -Horizont gegebenen Strukturen lassen sich auch hier erkennen. Wie im A_h -Horizont ist ein kleinräumiger Wechsel unterschiedlicher Konzentrationsbereiche festzustellen. So zeichnet sich die Untersuchungsfläche durch drei Anreicherungsstrukturen („schwach angereicherte“ bzw. „angereicherte“ bis „stark angereicherte Klasse“) im N, Zentralteil (beide eckernah) und S aus.

Das Untersuchungsgebiet Vienenburg Wald ist insofern hervorzuheben, als nur hier Zink und Cadmium als einzige Schwermetalle eine pH-abhängige Verteilung zeigen (Anhang A.5). Die horizontale Verteilung der anderen Schwermetalle werden im A_h -Horizont sowie im $II_{(Go)}M$ -Horizont vermutlich durch den stark humosen Anteil beider Bodenhorizonte gesteuert, die Korrelationen zur mineralischen Komponente sind indifferent.

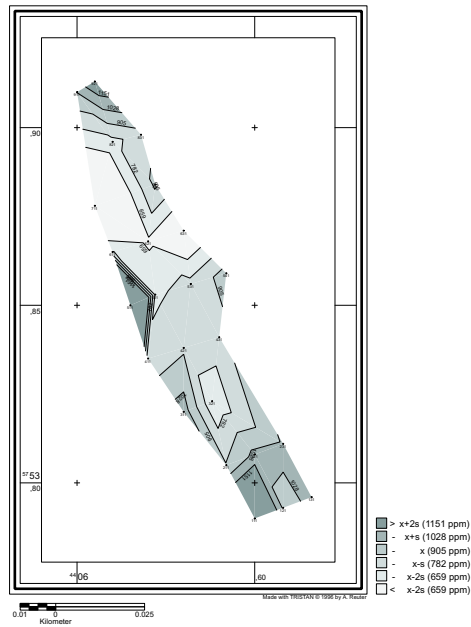
Zusammenfassend bleibt festzuhalten, daß sich am Standort Vienenburg die Anreicherungsstrukturen in unmittelbarer Flußnähe befinden. Im Gegensatz hierzu steht das geochemische Verteilungsmuster am Standort Heiningen, wo die flußnahen Strukturen durch vergleichsweise geringere Konzentrationen charakterisiert sind. Verantwortlich für dieses geochemische Muster sind die morphologischen Gegebenheiten: während das Gelände am Standort Vienenburg (Acker und Grünland) zur Ecker stetig abfällt und nur die unmittelbaren Uferbereiche dem direkten Einfluß der Hochwässer und somit der Sedimentablagerung unterliegen, treten im Bereich der Oker in einer Entfernung von ca. 50 bis 70 m westlich des Ufers Geländedepressionen auf, die als Sedimentfallen fungieren. Korrelationsbeziehungen zur mineralogischen Komponente konnten im Untersuchungsgebiet Vienenburg Grünland nicht nachgewiesen werden



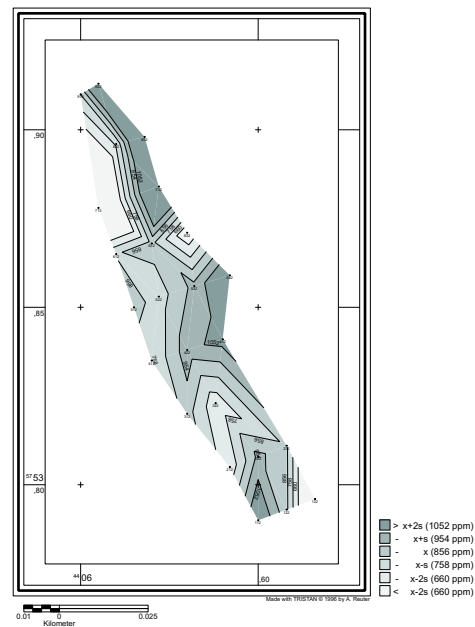
a) Lageskizze Vienenburg Wald



b) Probenahmepunkte Vienenburg Wald



c) Vienenburg Wald: Zinkverteilung im Ah-Horizont



d) Vienenburg Wald: Zinkverteilung im II(Go)M--Horizont

Abbildung 25: Vienenburg Wald: Karten a - d

6.2.2.4 Teufenorientierte Elementverteilung: Standort Vienenburg

Während die pH-Werte in Vienenburg Acker und Vienenburg Grünland in den unteren Bodenhorizonten über denen der oberen liegen, ist die Verteilung der Schwermetalle im Untersuchungsgebiet Vienenburg Wald genau umgekehrt: ihre Konzentrationen liegen im A_p -Horizont geringfügig über denen des $II_{(Go)}$ M-Horizontes. Demgegenüber stehen im Untersuchungsgebiet Vienenburg Grünland deutliche Konzentrationsabnahmen vom A_p - zum $II_{(Go)}$ M-Horizont um ca. 50% (Ausnahme: Cadmium). Diese Konzentrationsabnahme ist auf einen Schwemmlöseintrag (Verdünnungseffekt) in dem $II_{(Go)}$ M-Horizont aus der angrenzenden Mittelterrasse zurückzuführen, wie durch die bodenkundliche Kartierung belegt werden konnte.

Vienenburg Wald ist durch einen abnehmenden Verlauf der pH-Werte und Schwermetallkonzentrationen charakterisiert: alle Variablen — mit Ausnahme des Kupfers, das in beiden Bodenhorizonten auf einem Konzentrationsniveau verbleibt — zeichnen sich durch eine Abnahme vom A_p - zum $II_{(Go)}$ M-Horizont aus. Aufgrund der hohen Anzahl indifferenter Korrelationen sind weitere Aussagen nicht möglich. Die statistischen Kennwerte sind in den Tabellen 27 bis 32 zusammengefaßt.

Bhz	pH	Zn	Pb	Cd	Cu
	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}
		[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]
A_p	8,00	858	259	6,24	105
$II_{Go}(M)$	8,09	703	196	5,21	87

Tabelle 27: Vienenburg Acker: ausreißerbereinigte Mittelwerte der Variablen

	pH	Zn	Pb	Cd	Cu
	Anzahl der Korrelationspaare				
pH	51	43	41	41	41
Zn	-0,40**	49	44	42	44
Pb	-0,49**	0,78**	51	44	43
Cd	-0,14	0,44**	0,56**	50	42
Cu	-0,38*	0,77**	0,79**	0,44**	48
	Korrelationskoeffizienten				

Tabelle 28: Vienenburg Acker: Korrelationsmatrix über alle Bodenhorizonte, ausreißerbereinigt

Bhz	pH	Zn	Pb	Cd	Cu
	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}
		[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]
A_p	7,85	716	271	6,45	100
$II_{Go}(M)$	8,12	288	108	5,51	51

Tabelle 29: Vienenburg Grünland: ausreißerbereinigte Mittelwerte der Variablen

	pH	Zn	Pb	Cd	Cu
	Anzahl der Korrelationspaare				
pH	75	58	59	70	69
Zn	-0,53**	62	59	59	62
Pb	-0,51**	0,95**	62	59	61
Cd	-0,27*	0,44**	0,39**	75	70
Cu	-0,32*	0,90**	0,92**	0,38**	74
	Korrelationskoeffizienten				

Tabelle 30: Vienenburg Grünland: Korrelationsmatrix über alle Bodenhorizonte, ausreißerbereinigt

Bhz	pH	Zn	Pb	Cd	Cu
	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}
		[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]
A _h	6,11	904	464	9,52	149
II _(Go) M	5,94	855	353	7,64	141

Tabelle 31: Vienenburg Wald: ausreißerbereinigte Mittelwerte der Variablen

	pH	Zn	Pb	Cd	Cu
	Anzahl der Korrelationspaare				
pH	35	28	27	31	25
Zn	0,37	34	26	33	26
Pb	0,27	0,53**	35	30	30
Cd	0,38*	0,51**	0,56**	40	29
Cu	-0,09	0,29	0,35	0,14	34
	Korrelationskoeffizienten				

Tabelle 32: Vienenburg Wald: Korrelationsmatrix über alle Bodenhorizonte, ausreißerbereinigt

6.3 Die Backgroundproblematik an den Standorten Heiningen und Vienenburg

Um die Schwermetallkonzentrationen am Standort Heiningen in einen lokalen und regionalen Bezug einzubinden, wurden die in der Eckeraue bei Vienenburg in der Feinsand- und Tonfraktion vorliegenden Schwermetallgehalte als „lokaler Background“ (s. Kap. 3.2.3), die Konzentrationen in der Feinsandfraktion (als hier verwendete Vergleichsfraktion) der Nord- und Oberharzer Böden (ZACHMANN 1990) als „regionaler Background“ herangezogen (Tab. 34).

Ein Vergleich mit Backgroundwerten ist notwendig, um lokalen und regionalen Besonderheiten (Verhüttungsplätze, Haldenproblematik) Rechnung zu tragen, da aufgrund erhöhter geogener Grundbelastung und des historischen Bergbaus sich gegenüber dem Internationalen Tongesteinsstandard (s.u.) höhere lokale und regionale Hintergrundwerte eingestellt haben. Außerdem ist die vorliegende Arbeit weniger am absoluten Ausmaß der Schwermetallkonzentrationen von Böden in der Oker- und Eckeraue orientiert, als vielmehr — gemäß einer ihrer Aufgabenstellungen — an horizontalen und vertikalen Verteilungsmustern. Den Vergleich mit einem überregional gültigen Maßstab bildet die Klassifizierung der Schwermetallkonzentrationen beider Standorte nach dem „Geoakkumulations-Index“ (MÜLLER 1979). Deshalb ist es sinnvoll, die Tonfraktion einer Probe abzutrennen und die Metallkonzentrationen dieser Fraktion mit dem geochemischen Background der fossilen Tongesteine zu vergleichen. Der Geoakkumulationsindex I_{geo} baut auf diesen Backgroundwert auf. Um natürliche Schwankungen und auch bereits sehr geringe anthropogene Belastungen einbeziehen zu können, multipliziert man die jeweilige Background-Konzentration mit dem Faktor 1,5, um die obere Grenze der niedrigsten Belastungsklasse 0 („praktisch unbelastet“) zu erhalten. Die Verdoppelung dieses Wertes liefert die Obergrenze der nächst höheren Klasse.

6.3.1 Lokaler Backgroundvergleich

Bezogen auf den lokalen Background (Standort Vienenburg) sind die Schwermetallkonzentrationen in den Böden am Standort Heiningen — je nach Element und Kornfraktion — um das 1,9- bis 10,6-fache angereichert (Tab. 33), Cadmium vergleichsweise am geringsten, Blei am stärksten. Zink und Kupfer liegen dazwischen. Die verhältnismäßig hohen Blei-, Cadmium-, Zink- und Kupferanreicherungen in der Oker- und Eckeraue gegenüber denen der Eckeraue lassen sich auf das ehemalige Förder- bzw. Verarbeitungszentrum bei Oker / Harlingerode als Quelle zurückführen. Neben diesen „historischen Ablagerungen“ finden im Bereich des Haldengebietes bei Starkniederschlägen auch rezent Abspülungen von Haldenmaterial in die Vorfluter statt, das zu einer Belastung der Oker mit Schwermetallen beiträgt. Insbesondere bei Hochwässern werden die mit Schwermetallen belasteten Flußsedimente auch heute noch mobilisiert und in das Harzvorland verfrachtet (EGGERS 1994). Diese rezente Belastung mit Schwermetallen wurde durch Untersuchungen von DITTMER (1994) bestätigt: im Flußbett der Oker, die das Haldengebiet bei Oker/Harlingerode quert, konnten Bleikonzentrationen bis 10000 mg/kg in der Feinsandfraktion nachgewiesen werden; Analysen historischer Schlacken aus dem Flußbett der Oker ergaben Bleikonzentrationen bis 100.000 mg/kg (DITTMER 1994).

Untersuchungsfläche		Heiningen	Vienenburg	H / V	Heiningen	Vienenburg	H / V
		Feinsandfraktion			Tonfraktion		
Zink [ppm]							
Acker	A _p -Horizont	3596	953	3,77	5258	2173	2,41
Grünland	A _p -Horizont	3334	696	4,78	6503	1515	4,29
Wald	A _h -Horizont	3734	1024	3,64	6223	1422	4,37
Blei [ppm]							
Acker	A _p -Horizont	3164	281	11,24	4663	524	8,88
Grünland	A _p -Horizont	2695	252	10,67	4639	454	10,20
Wald	A _h -Horizont	2460	655	3,75	4826	887	5,43
Cadmium [ppm]							
Acker	A _p -Horizont	15,12	8,10	1,86	19	10,27	1,85
Grünland	A _p -Horizont	12,45	7,52	1,65	19	8,50	2,30
Wald	A _h -Horizont	25,40	8,85	2,87	25	9,22	2,71
Kupfer [ppm]							
Acker	A _p -Horizont	568	96	5,87	801	251	3,19
Grünland	A _p -Horizont	492	96	5,11	876	203	4,30
Wald	A _h -Horizont	489	173	2,82	554	226	2,45

Tabelle 33: Lokaler Backgroundvergleich: Schwermetallkonzentrationen und -anreicherungsfaktoren an den Standorten Heiningen und Vienenburg.

6.3.2 Regionaler Backgroundvergleich

Vor dem Hintergrund des Schwermetallspektrums in Nord- und Oberharzer Böden (ZACHMANN 1990) als „regionalem Background“ sind die Schwermetallkonzentrationen auch in den Böden der Eckeraue deutlich höher, da auch hier ehemalige Bergbaureviere intensiv Schwermetalle in den Vorfluter sedimentierten. Ist in der Okeraue bei Heiningen Zink um das 27- bis 30-fache, Cadmium um das 2,6- bis 5,4-fache und Kupfer um das 16- bis 18-fache angereichert, so ist bei Vienenburg eine deutliche geringere Anreicherung gegenüber den Nord- und Oberharzer Böden festzustellen: Zink um das 5,4- bis 5,8-fache, Cadmium das 1,4- bis zweifache und Kupfer um das 3- bis 4,5-fache. Die bei ZACHMANN (1990) angegebenen regionalen Referenzwerte finden sich in Tabelle 34. Die in Tabelle 34 aufgeführten hohen Bleigehalte charakterisieren dagegen Proben aus dem Bereich der ehemaligen Bleihütte Clausthal-Zellerfeld und werden daher nicht als „Backgroundwerte“ herangezogen. Tabelle 35 enthält die Schwermetallanreicherungsfaktoren für den Standort Heiningen gegenüber dem lokalen (Standort Vienenburg) und dem regionalen Background (Feinsandfraktion der Nord- und Oberharzer Böden).

Untersuchungsgebiet	Zink [ppm]	Blei [ppm]	Cadmium [ppm]	Kupfer [ppm]
HA - A _p -Horizont -	3537	2759	14,36	516
HG - A _p -Horizont -	3636	2922	12,18	537
HW - A _h -Horizont	3955	3317	25,11	588
VA - A _p -Horizont -	859	260	6,24	106
VG - A _p -Horizont -	716	277	6,42	100
VW - A _h -Horizont -	905	465	9,50	149
Vergleichswerte aus: ZACHMANN (1990)	132	611	4,6	33

Tabelle 34: Schwermetallkonzentrationen (Feinsandfraktion) am Standort Heiningen und Vienenburg, sowie von Nord- und Oberharzer Böden (ZACHMANN 1990)

Untersuchungsfläche		Heiningen	Vienenburg	H/Z	V/Z
Zink [ppm]					
Acker	A _p -Horizont	3537	859	26,80	6,51
Grünland	A _p -Horizont	3636	716	27,55	5,42
Wald	A _h -Horizont	3955	905	29,96	6,86
Blei [ppm]					
Acker	A _p -Horizont	2759	260	4,52	0,43
Grünland	A _p -Horizont	2922	277	4,78	0,45
Wald	A _h -Horizont	3317	465	5,43	0,76
Cadmium [ppm]					
Acker	A _p -Horizont	14,36	6,24	3,12	1,36
Grünland	A _p -Horizont	12,18	6,42	2,65	1,40
Wald	A _h -Horizont	25,11	9,50	5,46	2,07
Kupfer [ppm]					
Acker	A _p -Horizont	516	106	15,64	3,21
Grünland	A _p -Horizont	537	100	16,27	3,03
Wald	A _h -Horizont	588	149	17,82	4,52

Tabelle 35: Regionaler Backgroundvergleich: Schwermetallkonzentrationen- und anreicherungsfaktoren an den Standorten Heiningen und Vienenburg, bezogen auf Referenzwerte der Nord- und Oberharzer Böden. H/Z = Schwermetallkonzentrationen Heiningen / Schwermetallkonzentrationen ZACHMANN (1990); V/Z = Schwermetallkonzentrationen Vienenburg/Schwermetallkonzentrationen ZACHMANN (1990).

6.3.3 Überregionaler Backgroundvergleich

Die Klassifizierung der Oker- und Eckerausensedimente (Tonfraktion) nach dem „Geoakkumulations-Index“ (MÜLLER 1979, 1981), der sieben Stufen der Belastung unterscheidet (Tab. 36) zeigt, daß die Böden am Standort Vienenburg deutlich geringer als die des Standortes Heiningen belastet sind (Tab. 37). Dennoch sind die A_p- bzw. A_h-Horizonte als „mäßig bis stark belastet“ bzw. „stark belastet“ einzustufen; die Bleikonzentrationen des Untersuchungsgebietes Vienenburg Wald (beide Bodenhorizonte) entsprechen beispielsweise der I_{geo}-Klasse 5 („stark bis übermäßig belastet“).

I _{geo}	I _{geo} -Klasse	Sedimentqualität
< 0 - 0	0	praktisch unbelastet
> 0 - 1	1	unbelastet bis mäßig belastet
> 1 - 2	2	mäßig belastet
> 2 - 3	3	mäßig bis stark belastet
> 3 - 4	4	stark belastet
> 4 - 5	5	stark bis übermäßig belastet
> 5	6	übermäßig belastet

Tabelle 36: Beschreibung der Sedimentqualität durch I_{geo}-Klassen nach MÜLLER (1981)

Am Standort Heiningen entsprechen die Zinkgehalte den I_{geo}-Klassen 2 bis 6. In den oberen Bodenhorizonten herrschen die I_{geo}-Klassen 5 bis 6 und in den unteren Bodenhorizonten die I_{geo}-Klassen 2 bis 4 vor. Abweichend davon sind im Untersuchungsgebiet Heiningen Grünland die beiden unteren Bodenhorizonte den I_{geo}-Klassen 5 bis 6 zuzuordnen.

Dies gilt im wesentlichen auch für Cadmium und Blei. Die Beschreibung der Kupferkonzentrationen durch die I_{geo}-Klassen 0 bis 4 zeigt, daß der Standort Heiningen vergleichsweise am geringsten mit Kupfer belastet ist: Der Unterboden des Untersuchungsgebietes Heiningen Acker entspricht bevorzugt der I_{geo}-Klasse 1 bzw. 0, der Unter-

boden des Untersuchungsgebietes Heiningen Wald der I_{geo} -Klasse 0 („praktisch unbelastet“), und der Unterboden von Heiningen Grünland der I_{geo} -Klasse 3.

	Heiningen														
	Acker					Grünland					Wald				
	A_p	G_o	G_{ro}	G_{or}	G_r	A_p	G_o	G_{ro}	G_{or}	G_r	A_h	G_o	G_{ro}	G_{or}	G_r
Zink	5	6	6	4	2	6	6	6	6	5	6	6	6	4	2
Cadmium	6	6	5	4	4	5	5	5	6	6	6	6	6	5	4
Blei	6	6	6	4	3	6	6	6	6	6	6	6	6	4	3
Kupfer	4	4	3	1	0	4	4	4	4	3	3	4	3	0	0

	Vienenburg														
	Acker					Grünland					Wald				
	A_p	$II_{(Go)}M$				A_p	$II_{(Go)}M$				A_h	$II_{(Go)}M$			
Zink	4	4				3	3				3	4			
Cadmium	5	4				4	4				4	4			
Blei	4	4				4	3				5	5			
Kupfer	2	2				2	1				2	2			

Tabelle 37: Einteilung der Schwermetallkonzentrationen an den Standorten Heiningen und Vienenburg in I_{geo} -Klassen nach (MÜLLER 1981)

Generell ist bei einer Diskussion unter Berücksichtigung des Backgrounds zu beachten, daß die Auenböden am Standort Heiningen bis in größere Tiefen hoch schwermetallbelastet sind, eine Bewertung der Umweltrelevanz toxischer Schwermetalle jedoch über die Gesamtgehalte nicht erfolgen kann. Zwar gibt der Gesamtgehalt an Schwermetallen eine potentielle Toxizität an, realitätsnähere Aussagen zur Schwermetalltoxizität können nur auf Grundlage der mehr oder weniger starken Fixierung bzw. der Mobilität getroffen werden. Neben den Eh-pH-Bedingungen wird die Stabilität insbesondere von der Bindungsform kontrolliert, das heißt von der Art der Mineralisation, in welcher das betreffende Element vorliegt. In der Regel liegt ein- und dasselbe Element in mehreren Mineralisationen vor, so daß eine Differentiation der Gesamtgehalte im Sinne einer Partionierung erforderlich wird.

6.4 Schwermetallkonzentrationen in der Feinsand- und Tonfraktion ausgewählter Proben

Grundsätzlich nehmen in allen Bodenhorizonten und in beiden Kornfraktionen der Standorte Heiningen und Vienenburg die Schwermetallkonzentrationen in der Reihenfolge $Cd < Cu < Pb < Zn$ zu. Die Schwermetalle sind sowohl in der Ton- als auch in der Feinsandfraktion stark angereichert, am stärksten jedoch — erwartungsgemäß — in ersterer, wie ein direkter Vergleich zeigt. Dies ist insbesondere im Untersuchungsgebiet Heiningen Grünland der Fall, vor allem in den unteren Bodenhorizonten, in denen Blei und Kupfer vergleichsweise stark konzentriert sind.

Durchschnittlich liegen die Zink-, Blei- und Kupferkonzentrationen in der Tonfraktion um das 1,5- bis 2,5-fache, die Cadmiumkonzentrationen um durchschnittlich 20 bis 40% höher als in der Feinsandfraktion. Jedoch kann im Einzelfall Cadmium in der Feinsandfraktion der Tonfraktion entsprechende Konzentrationen erreichen (z. B. Heiningen Acker: G_r -Horizont; Heiningen Wald: A_h -, G_{or} - und G_r -Horizont; Vienenburg Grünland: $II_{(Go)}M$ -Horizont; Vienenburg Wald: A_h -Horizont, Tab. 38).

Sehr hohe Schwermetallgehalte in der Feinsandfraktion bestätigen, daß nicht nur die Korngröße entscheidend ist, sondern auch der Mineralbestand, der wie in den genannten Fällen oft korngrößenspezifisch sein kann. So sind steuernde Faktoren der Schwermetallkonzentrationen in der Feinsandfraktion einerseits Hellglimmer — hier kommt es zu einer Schwermetallanlagerung an den Bruchkanten — und andererseits Schlackenbruchstücke, Pochsande und Coatings.

Bhz	Feinsandfraktion				Tonfraktion				Anreicherungsfaktor Ton/Feinsand			
	Zn [ppm]	Pb [ppm]	Cu [ppm]	Cd [ppm]	Zn [ppm]	Pb [ppm]	Cu [ppm]	Cd [ppm]	Zn [ppm]	Pb [ppm]	Cu [ppm]	Cd [ppm]
Heiningen Acker												
A _p	3696	3164	568	15,12	6091	4663	801	19,89	1,65	1,47	1,41	1,32
G _o	3871	3393	681	14,78	6450	5313	968	20,89	1,67	1,57	1,42	1,41
G _{ro}	3037	1903	399	14,13	5941	3490	689	19,31	1,96	1,83	1,73	1,37
G _{or}	1237	193	43,32	7,89	2494	506	105	9,35	2,02	2,62	2,43	1,19
G _r	388	160	31,71	7,34	582	281,72	51,91	7,39	1,50	1,76	1,64	1,01
Heiningen Grünland												
A _p	3334	2695	492	11,28	6503	4639	876	19,56	1,95	1,72	1,78	1,73
G _o	2929	2334	432	11,05	6571	5238	977	18,99	2,24	2,24	2,26	1,72
G _{ro}	2930	2147	403	11,19	6391	5139	974	19,25	2,18	2,39	2,41	1,72
G _{or}	2705	1503	254	11,42	6457	4700	798	21,75	2,39	3,13	3,14	1,90
G _r	2732	1499	213	11,10	5436	3292	567	21,25	1,99	2,20	2,66	1,91
Heiningen Wald												
A _p	4567	2794	539	27,07	6501	4825	551	26,52	1,42	1,73	1,02	0,98
G _o	4560	3636	650	24,84	7899	5515	783	28,60	1,73	1,52	1,20	1,15
G _{ro}	4032	2470	412	19,88	7465	4729	567	28,75	1,85	1,91	1,38	1,45
G _{or}	940	273	43,51	12,75	1956	660	75,09	13,70	2,08	2,41	1,73	1,07
G _r	477	162	30,34	9,80	799	315	65,90	9,48	1,68	1,94	2,17	0,97
Vienenburg Acker												
A _p	953	281	96,79	8,11	2173	524	251	10,27	2,28	1,87	2,60	1,27
II _(Go) M	861	256	101	10,21	1977	529	256	8,95	2,30	2,07	2,53	0,88
Vienenburg Grünland												
A _p	696	252	96,36	7,53	1515	454	203	8,51	2,17	1,80	2,11	1,13
II _(Go) M	529	307	91,37	8,10	1006	288	147	8,02	1,90	0,94	1,62	0,99
Vienenburg Wald												
A _h	1024	655	173	8,86	1422	887	226	9,22	1,39	1,35	1,30	1,04
II _(Go) M	1268	645	230	6,41	1870	772	300	10,48	1,48	1,20	1,31	1,63

Tabelle 38: Mittlere Schwermetallkonzentrationen (ppm) der Feinsand- und Tonfraktion und Anreicherungsfaktoren Ton/Feinsand an den Standorte Heiningen und Vienenburg

6.5 Statistische Analysen der vertikalen und horizontalen Elementverteilungen anhand ausgewählter Proben

Die Geländebefunde, die geochemischen Analysen und die statistische Auswertung der Gesamtproben der Standorte Heiningen und Vienenburg (Kap. 6.2) lassen in den Untersuchungsgebieten Heiningen Acker und Heiningen Wald zwei Populationen erkennen, die sich in signifikanten Unterschieden der Schwermetallkonzentrationen manifestieren und die oberen drei (A_p, G_o, G_{ro}), von den unteren beiden (G_{or}, G_r) Bodenhorizonte trennen. Das Untersuchungsgebiet Heiningen Grünland weicht von diesen Verhältnissen nur insofern ab, als vergleichbare Konzentrationssprünge nicht auftreten. Die Ursachen dieser geochemischen Verteilungsmuster sind in Kap. 6.2 beschrieben und lassen sich vereinfacht auf die qualitative und quantitative Zusammensetzung der mineralogischen Kompo-

nente im Sediment zurückführen. Für den Standort Vienenburg, an dem nur die beiden oberen Bodenhorizonte (A_p , $II_{(Go)}M$) beprobt wurden, entfällt diese duale Betrachtungsweise.

Die Zusammenfassung der einzelnen Bodenhorizonte zu zwei Populationen („obere Bodenhorizonte“ , „untere Bodenhorizonte“ je Untersuchungsareal am Standort Heiningen, bzw. ohne Unterteilung am Standort Vienenburg) basiert neben den unterschiedlichen geochemischen Verteilungsmustern (s. o.), auch auf der Notwendigkeit, eine statistische Bewertung trotz einer geringer Anzahl an Proben aus den einzelnen Bodenhorizonten durchführen zu können.

Im Vorgriff auf die nachfolgende Diskussion werden der Übersichtlichkeit und Konsistenz wegen bereits an dieser Stelle die Elemente ihrem Bindungsverhalten entsprechend in Gruppen zusammengefaßt (Tab. 39). Die Auswirkungen dieser Bindungsformen auf das Verhalten der Erzmatalle ist — basierend auf den statistischen Analysen der geochemischen Untersuchungsergebnisse — Gegenstand der folgenden Abhandlung.

Elementgruppe	Variable	Abkürzung
Erzmetalle	Zink, Blei, Kupfer, Cadmium	Em
fayalitische Gruppe	Eisen, Mangan, (Magnesium)	fa
karbonatische Komponente	Calcium	karb
organische Komponente	C_{org}	org
vulkanogene/sedimentäre Gruppe	Aluminium, Magnesium, Chrom, Vanadium, Kalium, Natrium, Nickel, Kobalt	vs

Tabelle 39: Zusammenstellung der für das Bindungsverhalten der Erzmatalle relevanten Elementgruppen

Die Elementassoziation der vulkanogenen/sedimentären Gruppe läßt sich auf eine harzbürtige Komponente zurückführen, die sich in der Zusammensetzung der Auensedimente widerspiegelt. Wie ein Vergleich der Elementkonzentrationen zwischen der vulkanogenen/sedimentären Gruppe und den genannten Ausgangsgesteinen belegt, setzt sich diese geogene Grundkomponente aus Vulkaniten (initialer Vulkanismus; Diabase und Spilite im Mitteldevon; weitere vulkanische Aktivitäten im Unterkarbon) und sedimentären Gesteinen (Wissenbacher Schiefer; fallweise Grauwacken) zusammen (KALLNISCHKIES 1992, GUNDLACH & STEINKAMP 1973, BÄTHGE 1984, STIER 1979, FAUTH et al. 1985, ROOSTAI 1997).

Eisen und Mangan (fallweise Magnesium) sowie deren Zerfallsprodukte (Oxide bzw. Hydroxide) definieren die fayalitische Gruppe. Diese Einteilung beinhaltet sowohl die pedogenen Oxide bzw. Hydroxide als auch die aufgrund der Instabilität der fayalitischen Schlacken gebildeten Eisenoxide bzw. -hydroxide für Erzmatalle. Eine Differenzierung der Erzmetallbindung an pedogene Oxide/Hydroxide oder aber an Schlacken und deren Zerfallsprodukte ist nicht möglich. In jedem Fall zeichnet sich die Gruppe durch die gleichermaßen hohen Adsorptionskapazität für Erzmatalle aus.

Der pH-Wert, Calcium und der organische Kohlenstoffgehalt (C_{org}) werden, da es sich um Einzelparameter handelt, als pH-Wert, karbonatische Komponente bzw. organische Komponente klassifiziert.

Zur Charakterisierung der Abhängigkeit der Erzmatalle von den einzelnen Elementgruppen sind starke Einflüsse, die die Erzmobilität zu steuern vermögen, von untergeordneten, eher modifizierend wirkenden und andeutungsweisen Einflüssen zu unterscheiden. Die Klassifizierung der Elementgruppen auf das Bindungsverhalten der

Erzmetalle ist in Abhängigkeit von den unterschiedlichen statistischen Verfahren zusammenfassend in Tabelle 55 dargestellt.

Alle nachfolgenden Auswertungen beziehen sich auf normalverteilte, extremwertfreie Datensätze (Nalimov-Test), so daß auch bei geringer Probenzahl die statistischen Befunde als abgesichert angesehen werden können. Es werden in der Regel an 18 Proben der oberen drei und 12 Proben der beiden unteren Bodenhorizonte des Standortes Heiningen sowie an 12 Proben des Standortes Vienenburg (Acker und Grünland) bzw. an 8 Proben im Untersuchungsgebiet Vienenburg Wald Korrelations-, Cluster- und Faktorenanalysen durchgeführt und je Bodenhorizont-komplex (oben/unten) beschrieben. Desweiteren wurden, um Fehlinterpretationen durch Scheinkorrelationen (z.B. bimodale Verteilungen) zu vermeiden, die Verteilungen an Scattergrammen überprüft und ausgewertet; fallweise wurden auch hier noch weitere „Outlyrer“ entfernt. Für die Faktorenanalyse wurden die zu extrahierenden Faktoren auf drei begrenzt, da eine höhere Anzahl keine eindeutigeren Verhältnisse lieferte und überdies in der Regel hier bereits ca. 70 bis 90 % der Gesamtvarianz erreicht waren. Im idealen Falle sollen die Cluster- und Faktorenanalyse die Ergebnisse der Korrelationsanalyse unterstützen bzw. in komprimierter Form ergänzen.

Wie die deskriptive Statistik, sind auch die kompletten Korrelationsmatrizen, Faktoren- und Clusteranalysen im Anhang einzusehen. Da eine Vielzahl von Gebieten zu bearbeiten und zu vergleichen war, wird im nachfolgenden Text lediglich der Charakter der Korrelation (positiv, negativ, indifferent) angegeben, wobei ein Signifikanzniveau von 99 % bzw. 95 % eingehalten wurde.

6.5.1 Standort Heiningen

6.5.1.1 Untersuchungsgebiet Heiningen Acker — Feinsandfraktion

6.5.1.1.1 Statistische Analyse der Elementverteilung in den oberen Bodenhorizonten (A_p , G_o , G_{ro})

Wie die Zusammenfassung (Tab. 40). belegt, fällt die positive Korrelation von Eisen zu den Erzmetallen sowie zu Nickel, Kobalt und Magnesium auf. Desweiteren sind die Erzmetalle bis auf Cadmium, untereinander hoch korreliert. Hieraus ist zunächst eine Bindung der Erzmetalle an die Schlacken der Olivingruppe (mit Fe-Vormacht) abzuleiten. Wegen der Instabilität zersetzen sich die fayalitischen Schlacken leicht unter Bildung von insbesondere Fe-Hydroxiden, die wiederum eine hohe Adsorptionskapazität für Übergangsmetalle aufweisen. Die Assoziation zu den Erzmetallen bleibt somit auch beim Zerfall der Schlacken bestehen (fayalitische Gruppe).

Die Bezüge zum Magnesium sind nicht eindeutig zu erkennen. Magnesium kann ebenfalls Hauptbestandteil von Olivin sein. Aber nicht nur aus diesem Zusammenhang ist die Korrelation zu Eisen abzuleiten. Vielmehr treten im Nordharz verbreitet vulkanogene/sedimentäre Vorkommen des Devons und Karbons auf. Insbesondere diese können den Bezug zwischen Mg, Fe, Co, Ni, Cr und V erklären. Ebenso gehört Al zu diesem geogenen Edukt. Bei dessen Zersetzung entstehen Tonminerale, die in ihren Chloritanteilen ebenfalls diese Elementkombination besitzen. Somit kommen Schlacken und die vulkanogene/sedimentäre Gruppe als potentielle Magnesiumlieferanten in Frage.

Diese Interelementkorrelationen werden auch durch die Clusteranalyse (Abb. 26) widerspiegelt und gehen gleichfalls aus der Elementverteilung auf die einzelnen Faktoren (Tab. 41) hervor. Zink läßt allerdings mit 27 % seiner Varianz auf Faktor 2, so daß Zink außer von den Fe-Oxiden noch von weiteren Gruppen gesteuert wird.

Hierbei kommen die organische Komponente und die vulkanogene/sedimentäre Gruppe in Frage. Das Mobilitätsverhalten von Blei und Kupfer wird neben dem Schlackenmaterial auch durch den pH-Wert beeinflusst, wie durch die statistische Analyse (alle Verfahren) belegt werden konnte.

6.5.1.1.2 Statistische Analyse der Elementverteilung in den unteren Bodenhorizonten (G_{or} , G_r)

Im Gegensatz zu den oberen Bodenhorizonten (Korrelation zwischen Zn, Pb, Cu, Fe, Ni, Co, Mg) ist in den unteren Bodenhorizonten nur Blei mit Kupfer und Zink korreliert. Die Erzmatalle bilden in diesen Bodenhorizonten — neben den Elementen der fayalitischen Gruppe (s.u.) — eine eigenständige Vergesellschaftung. Desweiteren zeichnet die genannten Erzmatalle eine positive Korrelation mit der organischen Komponente aus (Tab. 40), während Cadmium — als Vertreter der Erzmatalle — lediglich mit Natrium und Kalium positiv korreliert ist. Negativ sind die Korrelationen des Zinks mit Nickel, mit Aluminium und mit Chrom und des Kupfers mit Mangan. D. h., daß in den unteren Bodenhorizonten für das Mobilitätsverhalten der Erzmatalle Zink, Blei und Kupfer die organische Komponente verantwortlich ist. Die positiven Korrelationen von Cadmium mit Natrium und Kalium entziehen sich einer Deutung. Von weiteren positiven Interelementkorrelationen seien die zwischen den Elementen der vulkanogenen/sedimentären Gruppe genannt, die von der Clusteranalyse (Abb. 27) ebenso bestätigt werden wie der Einfluß der organischen Komponente auf Zink.

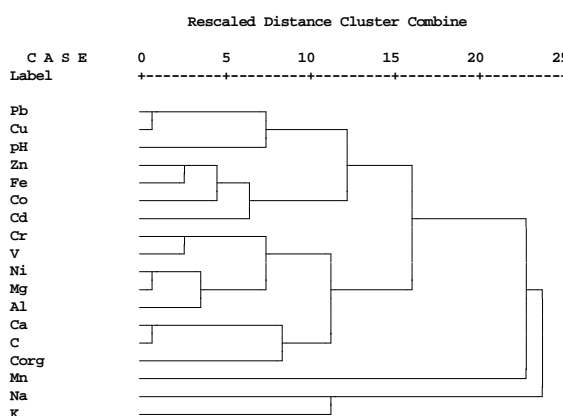


Abbildung 26: Heiningen Acker: Clusteranalyse, obere Bodenhorizonte (Feinsandfraktion)

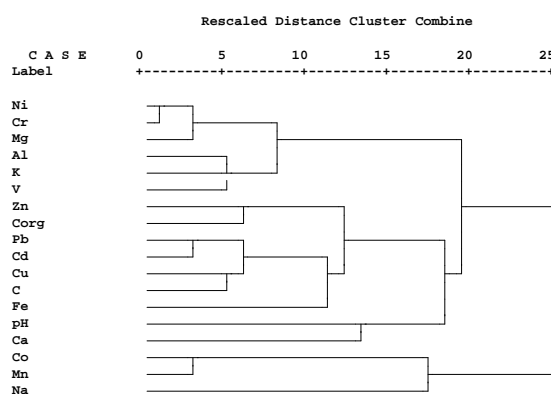


Abbildung 27: Heiningen Acker: Clusteranalyse, untere Bodenhorizonte (Feinsandfraktion)

Die Faktorenanalyse (Abb. 41) weicht von den Ergebnissen der Korrelationsanalyse ab. Die Erzmatalle Blei, Cadmium und Kupfer laden gemeinsam mit C_{org} und Eisen den Faktor 2, so daß in den unteren Bodenhorizonten ihr Bindungsverhalten einer gemeinsamen Kontrolle unterliegt und neben der organischen Komponente auch von der fayalitischen Gruppe gesteuert werden muß. Von den Erzmatalen weist Kupfer (Faktor F 2) zusätzliche Beziehungen zum Faktor 3 (Calcium, pH-Wert) auf, den es mit 19 % seiner Varianz lädt.

Das Bindungsverhalten der Erzelemente läßt sich in ihrer vertikalen Abfolge für die Untersuchungsfläche Heiningen Acker (Feinsandfraktion) wie folgt zusammenfassen: Während es in den oberen Bodenhorizonten bevorzugt von dem sedimentären Eintrag der fayalitischen Schlacken bzw. deren Zersetzungsprodukten, den Eisenhydroxiden (Zerfall der Fe-Schlacken zu Fe-Hydroxiden), gesteuert wird und Blei und Kupfer in Folge der Bewirtschaftung einem pH-Einfluß unterliegen, sind die Erzmatalle der unteren Bodenhorizonte hauptsächlich an die organische Komponente fixiert. Inwieweit diese von den statistischen Analysen belegten Zuordnungen zeitliche Abhängigkei-

ten widerspiegeln oder ob die Elementassoziationen im Untersuchungsgebiet Heiningen Acker milieubedingt sind, ist an diesem Punkt noch nicht einwandfrei zu klären und wird in Kapitel 6.7 diskutiert.

	pH	Zn	Pb	Cu	Cd	Ni	Co	Fe	Mg	Ca	Mn	Na	Al	K	Cr	V	C _{org}	C
obere Bodenhorizonte																		
pH		o	+	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Zn	o		++	++	+	o	o	++	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Pb	o	o		++	o	o	o	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Cu	o	o	++		o	o	o	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Cd	o	o	++	o		o	+	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Ni	o	--	o	o	o		+	+	++	o	o	o	++	o	+	+	o	o
Co	o	o	o	o	o	o		+	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Fe	+	o	o	o	o	o	o		+	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Mg	o	o	o	o	o	++	o	+		o	o	o	++	o	+	+	o	o
Ca	o	o	o	o	o	o	o	o	o		o	o	o	o	o	+	+	++
Mn	o	o	o	-	o	o	++	o	o	o		o	o	o	o	o	o	o
Na	o	o	o	o	+	o	o	o	o	-	o		o	+	o	o	o	o
Al	o	--	o	o	o	++	o	o	o	+	o	o		o	++	+	o	o
K	o	o	o	o	+	o	o	o	o	o	o	+	+		o	o	o	o
Cr	o	-	o	o	o	++	o	o	++	o	o	o	++	o		++	o	o
V	o	o	o	o	o	++	o	+	+	+	o	o	++	o	++		o	+
C _{org}	o	++	+	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		o
C	o	o	+	o	+	o	o	+	+	o	o	o	o	o	o	o	+	
untere Bodenhorizonte																		

Tabelle 40: Korrelationsanalyse Heiningen Acker, obere und untere Bodenhorizonte (Feinsandfraktion)

++: $1.0 > r > 0.7$, +: $0.7 > r > 0.5$, in Analogie: --, - für negative Koeffizienten; o: indifferente Korrelationsbeziehungen

Heiningen Acker - Feinsandfraktion -					
obere Bodenhorizonte			untere Bodenhorizonte		
Faktor	Varianz [%]	Variablen	Faktor	Varianz [%]	Variablen
F 1	42	Fe, Zn, Pb, Cu, Mg, Co, Cd, pH	F 1	36	Ni, Cr, V, Zn, Al, Mg, Mn
F 2	19	Cr, V, Al, K, Ni, C _{org}	F 2	24	C _{carb} , Pb, Cu, Cd, C _{org} , Fe
F 3	4	C _{carb} , Na, Ca, Mn	F 3	14	Na, Ca, Co, pH
Σ F 1 - F 3	75		Σ F 1 - F 3	74	
Restvarianz	25		Restvarianz	26	

Tabelle 41: Heiningen Acker: Faktorenanalyse (Feinsandfraktion)

6.5.1.2 Untersuchungsgebiet Heiningen Acker — Tonfraktion

6.5.1.2.1 Statistische Analyse der Elementverteilung in den oberen Bodenhorizonten (A_p , G_o , G_{ro})

Sämtliche Erzmehalle sind in den oberen Bodenhorizonten — unabhängig von der untersuchten Korngröße — mit den Elementen der fayalitischen Gruppe assoziiert. In der Tonfraktion korrelieren die Erzmehalle Zink und Cadmium sowie Blei und Kupfer positiv miteinander. Die beiden ersten sind desweiteren positiv mit Nickel, Kobalt, Eisen, Aluminium und Kalium (Tab. 42) korreliert, so daß Zink und Cadmium primär an fayalitische Schlacken und deren Zerfallsprodukte gebunden sind. Zwar ist ein Einfluß der vulkanogenen/sedimentären Gruppe auf beide nicht auszuschließen und ist aus den positiven Korrelationsbeziehungen mit Aluminium, Nickel und Kobalt ersichtlich, dennoch weisen Eisenoxide bzw. -hydroxide speziell für Zink und Cadmium aufgrund der Affinität dieser beiden Erzmehalle mit den Fe-Oxiden eine höhere Adsorptionskapazität auf — wie auch durch die signifikanteren Korrelationen belegt werden konnte — als beispielsweise die Elemente der vulkanogenen/sedimentären Gruppe.

Das Dendrogramm (Abb. 28) zeigt Beziehungen des Zink/Cadmiumclusters zu Nickel und Kobalt sowie zu Eisen und bestätigt dadurch die Korrelationsanalyse. Die Faktorenanalyse (Tab. 43) belegt für Zink und Cadmium eine Bindung an die fayalitische wie auch an die vulkanogene/sedimentäre Gruppe. In groben Zügen gelten also für Zink und Cadmium die gleichen Bindungsmechanismen wie in der Feinsandfraktion (obere Bodenhorizonte).

Für Blei und Kupfer lassen sich im Gegensatz zu Zink und Cadmium mittels Korrelations- und Clusteranalyse nur indifferente Beziehungen zu anderen Elementen, durch die Faktorenanalyse (Tab. 43) dagegen Einflüsse des pH-Wertes auf beide Elemente nachweisen, die wie in der Feinsandfraktion auf die Bewirtschaftung der Fläche zurückzuführen ist. Blei (Faktor F 2) zeigt desweiteren schwache Beziehungen zu F 1 (fayalitische Gruppe) und F 3 (organische bzw. karbonatische Gruppe), d.h. für Blei ist noch ein — wenn auch nur untergeordneter — Einfluß der organischen Komponente zu erkennen, während für Kupfer keine Aussage möglich ist. Demgegenüber stehen die Verhältnisse in der Feinsandfraktion, in der beide Elemente mit Eisen als Vertreter der fayalitischen Gruppe assoziiert sind.

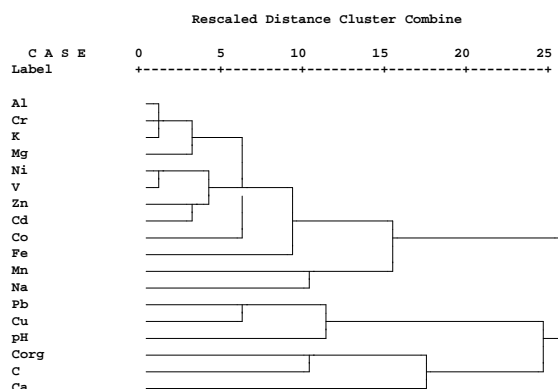


Abbildung 28: Heiningen Acker: Clusteranalyse, obere Bodenhorizonte (Tonfraktion)

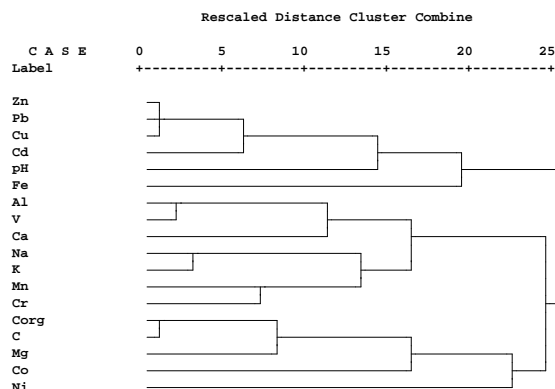


Abbildung 29: Heiningen Acker: Clusteranalyse, untere Bodenhorizonte (Tonfraktion)

	pH	Zn	Pb	Cu	Cd	Ni	Co	Fe	Mg	Ca	Mn	Na	Al	K	Cr	V	C _{org}	C
obere Bodenhorizonte																		
pH		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Zn	o		o	o	++	+	++	++	o	o	o	o	+	+	o	o	o	o
Pb	o	++		++	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Cu	o	++	++		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Cd	o	+	+	++		+	++	+	o	o	o	o	+	+	o	o	o	o
Ni	o	–	o	o	o		++	o	+	o	o	o	++	++	++	++	o	o
Co	o	o	o	o	o	–		+	+	o	o	+	++	+	+	+	o	o
Fe	o	o	o	o	o	o	o		o	o	o	o	+	+	o	o	o	o
Mg	o	o	o	o	o	+	o	o		o	o	o	++	++	++	++	o	o
Ca	o	o	o	o	o	o	o	o	o		o	o	o	o	o	o	o	+
Mn	o	o	+	o	o	o	+	o	o	o		+	+	o	o	o	o	o
Na	o	o	o	o	o	o	–	o	o	o	o		o	o	o	o	o	o
Al	o	o	o	o	o	o	o	o	o	+	o	o		++	++	++	o	o
K	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	++	+		++	++	o	o
Cr	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	o	o	+	+		++	o	o
V	o	o	o	o	o	+	o	o	+	+	o	o	++	o	+		o	o
C _{org}	o	+	+	+	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		+
C	o	o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	o	o	o	o	o	++	
untere Bodenhorizonte																		

Tabelle 42: Korrelationsanalyse Heiningen Acker, obere und untere Bodenhorizonte (Tonfraktion)

++: $1.0 > r > 0.7$, +: $0.7 > r > 0.5$, in Analogie: – –, – für negative Koeffizienten; o: indifferente Korrelationsbeziehungen

Heiningen Acker - Tonfraktion -					
obere Bodenhorizonte			untere Bodenhorizonte		
Faktor	Varianz [%]	Variablen	Faktor	Varianz [%]	Variablen
F 1	47	K, Al, Cr, V, Zn, Mg, Ni, Co, Cd, Fe, Mn, Na	F 1	28	Zn, Pb, Cu, Ni, Cd, Mn, pH
F 2	16	Pb, Cu, pH	F 2	23	Al, Cr, V, K, Na
F 3	13	C _{carb} , C _{org} , Ca	F 3	18	C _{carb} , C _{org} , Mg, Ca, Co, Fe
Σ F 1 - F 3	76		Σ F 1 - F 3	69	
Restvarianz	24		Restvarianz	31	

Tabelle 43: Heiningen Acker: Faktorenanalyse (Tonfraktion)

6.5.1.2.2 Statistische Analyse der Elementverteilung in den unteren Bodenhorizonten (G_{or}, G_r)

Ähnlich wie in der Feinsandfraktion (untere Bodenhorizonte) kommt der organischen Komponente für das Bindungsverhalten der Erzmehalle in der Tonfraktion besondere Bedeutung zu: Da die Erzmehalle untereinander und mit C_{org} positiv, mit den übrigen Elementen nur vereinzelt positiv bzw. negativ korreliert (Tab. 42) sind, steuert die organische Komponente das Mobilitätsverhalten der Erzmehalle. Weitere Aussagen zum Bindungsverhalten der Erzmehalle lassen sich nur andeutungsweise durch die Cluster- und die Faktorenanalyse (Abb. 29) und (Tab. 43), ableiten, zumal die Restvarianz mit 31 % recht hoch bleibt und kein prädominanter Faktor festzustellen ist.

Die Elemente der vulkanogenen/sedimentären Gruppe, die untereinander wiederum positiv korrelieren, zeigen keine Assoziation zu den Erzelementen (ausschließlich indifferente Korrelationen).

Die tiefendifferenzierte Betrachtung läßt folgende Schlüsse zu: in der Tonfraktion der oberen Bodenhorizonte sind Zink und Cadmium an die fayalitischen Schlacken bzw. deren Zerfallsprodukte (Fe-Oxide bzw. -Hydroxide) geknüpft, eine untergeordnete Bindung an die vulkanogene/sedimentäre Gruppe ist gleichwohl wahrscheinlich,

während Blei und Kupfer vom pH-Wert gesteuert werden. In den unteren Bodenhorizonten sind die Erzmatalle eindeutig mit der organischen Komponente assoziiert.

Das Tiefenprofil belegt, unabhängig von der Fraktionseinteilung, einen in den unteren Bodenhorizonten zurückweichenden Einfluß der fayalitischen Gruppe zugunsten der organischen Komponente, die in den oberen Horizonten eine nur untergeordnete Rolle spielt. Der Einfluß der vulkanogenen/sedimentären Gruppe und der karbonatischen Komponente bleibt durchgehend relativ konstant und eher geringfügig. Auf die untersuchten Fraktionen bezogen, sind die fayalitische-, die vulkanogene/sedimentäre Gruppe und die karbonatische Komponente in der Feinsandfraktion prädominanter als in der Tonfraktion. Die organische Komponente — in den oberen Horizonten unbedeutend — ist in der Tonfraktion der unteren Horizonte vorherrschend.

Auffallend ist die hohe Anzahl indifferenter Korrelationsbeziehungen innerhalb der Tonfraktion. Da diese Problematik auch in den Untersuchungsgebieten Heiningen Wald und Heiningen Grünland auftritt, sei angemerkt, daß die Tonfraktion inhomogener als die Feinsandfraktion zusammengesetzt ist, was auf die Sedimentationsgeschichte des Standortes Heiningen zurückzuführen ist. Dieser Sachverhalt wird in Kap. 6.5.2 ausführlich diskutiert.

Heiningen Acker												
obere Bodenhorizonte							untere Bodenhorizonte					
Feinsandfraktion			Tonfraktion				Feinsandfraktion			Tonfraktion		
Pb	fa	pH	pH	/	/	pH	org	fa	fa	org	/	(pH)
	pH	/	/	/	/	org	/	/	org	/	/	(org)
	/	/	(fa)	/	/	/	/	/	/	/	/	(karb)
Cu	fa	pH	pH	/	/	pH	org	fa	fa	org	/	(pH)
	pH	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	(org)
	/	/	(fa)	/	/	/	/	/	/	/	/	(karb)
Zn	fa	fa	fa	fa	fa	vs	org	org	vs	org	/	(pH)
	/	/	vs	vs	/	/	/	/	(fa)	/	/	(org)
	/	/	org	/	/	(fa)	/	/	/	/	/	(karb)
Cd	fa	fa	fa	fa	fa	vs	/	org	org	org	/	(pH)
	/	/	/	vs	/	/	/	fa	fa	/	/	(org)
	/	/	org	/	/	(fa)	/	/	/	/	/	(karb)
	K	C	H	K	C	H	K	C	H	K	C	H

Tabelle 44: Übersicht der über die Bindungsmechanismen im Untersuchungsgebiet Heiningen Acker.

fa = fayalitische Gruppe, karb = karbonatische Komponente, org = organische Komponente, pH = pH-Wert, vs = vulkanogene/sedimentäre Gruppe, K = Korrelationsanalyse, C = Clusteranalyse, H = Hauptkomponentenanalyse; Fettdruck = stark beeinflussend; Normal = beeinflussend; in Klammern = Einfluß andeutungsweise

6.5.1.3 Untersuchungsgebiet Heiningen Grünland — Feinsandfraktion

6.5.1.3.1 Statistische Analyse der Elementverteilung in den oberen Bodenhorizonten (A_p , G_o , G_{ro})

Im Gegensatz zu den oberen Bodenhorizonten des Untersuchungsgebietes Heiningen Acker (dominiert von der fayalitischen Gruppe), sind laut Korrelationsanalyse im Untersuchungsgebiet Heiningen Grünland mehrere Faktoren (fayalitische Gruppe, karbonatische- und organische Komponente) für das Bindungsverhalten der Erzmatalle Zink, Blei und Kupfer maßgeblich, während Cadmium nur von der fayalitischen Gruppe abhängt (Tab. 45). Eine negative Korrelation der Erzmatalle (indifferent beim Cadmium) mit dem pH-Wert ist durch die gegensätzliche teufenorientierte Verteilung der genannten Variablen erklärbar: die Erzmatalkonzentrationen nehmen in den oberen drei

Bodenhorizonten geringfügig ab (Cadmium bleibt nahezu konstant) und die pH-Werte steigen kontinuierlich von 8,40 im Ap- auf 8,90 im Gro-Horizont an.

Dieser pH-Anstieg ist nicht mit den zur Tiefe abnehmenden Calciumkonzentrationen vereinbar. Er kann möglicherweise auf Eisenkarbonat(magnesium)verbindungen zurückgeführt werden, was die Korrelationen zwischen Eisen, Calcium und Magnesium nahelegen. Als Minerale sind — wie auch in Heiningen Acker — fayalitische Schlacken in Betracht zu ziehen, die hier aber um die Ca-haltigen Olivine Merwinite $\text{Ca}_3\text{Mg}[\text{SiO}_4]^2$ und Rankinit $\text{Ca}_3[\text{Si}_2\text{O}_7]$ ergänzt sein dürften. Daß die Verhüttungsrückstände neben eisenhaltigem Olivin auch diese o.g. Ca-Olivine enthalten, wird durch die Diffraktogramme unterstützt (vgl. Kap. 6.1). Aus den Diffraktogrammen geht das Vorliegen von Calcit, Dolomit und Baryt (nur in Heiningen Grünland) eindeutig hervor. Diese Minerale sind häufige Gangarten (Kalkspat, Dolomit) und vor allem Baryt läßt auf Einträge von Rammelsbergerzen bzw. deren Verhüttungsprodukte und Haldenmaterial schließen.

Das Dendrogramm (Abb. 30) bildet beispielsweise die Vergesellschaftung von Blei, Kupfer, Zink und Magnesium mit Calcium und Eisen ab und verdeutlicht dadurch die Bindung der Erzmatalle an die fayalitische Gruppe. Auch das abweichende Verhalten von Cadmium (Cluster mit Mangan und Kobalt) ist ablesbar. Der Einfluß der organischen Komponente auf das Bindungsverhalten der Erzmatalle ist allerdings nicht nachvollziehbar.

Im gleichen Sinne ist die Faktorenanalyse (Tab. 46) interpretierbar, da die Elemente der vulkanogenen/sedimentären Gruppe — wie auch C_{org} — den Faktor 2 laden und somit auf das Mobilitätsverhalten der Erzmatalle (Faktor 1 und 3) keinen Einfluß ausüben. Eisen, Calcium, Mangan und Magnesium, die sowohl Faktor 1 und 3 laden, bestätigen die Bindung der Erzmatalle an die Elemente der fayalitischen Gruppe und — untergeordnet — an die karbonatische Komponente.

6.5.1.3.2 Statistische Analyse der Elementverteilung in den unteren Bodenhorizonten (G_{or} , G_{r})

Eine Abhängigkeit der Erze von der fayalitischen Gruppe wie in den oberen Bodenhorizonten oder von der organischen Komponente (Zn, Cu, Pb) in Heiningen Acker (untere Bodenhorizonte), ist auf die unteren Bodenhorizonte in Heiningen Grünland nicht übertragbar. Zink und Cadmium sind mit sämtlichen Elementen der vulkanogenen/sedimentären-, der fayalitischen Gruppe und der organischen Komponente korreliert (Tab. 45). Kupfer ist mit Nickel, Eisen, Mangan sowie mit Calcium, Natrium und Chrom positiv korreliert und somit gleichermaßen an die fayalitische und vulkanogenen/sedimentäre Gruppe geknüpft. Blei ist ausschließlich mit Kupfer korreliert. Dies läßt über sein Bindungsverhalten keine eindeutigen Aussagen zu.

Die Ergebnisse der Cluster- und Faktorenanalyse belegen (Abb. 31), (Tab. 46) für Zink und Cadmium Bindungen an die vulkanogene/sedimentäre Gruppe und an die organische Komponente; Hinweise auf die fayalitische Gruppe fehlen. Dies erscheint widersprüchlich, ist jedoch in Verbindung mit den Gelände- und Analysebefunden schlüssig. Da in den unteren Bodenhorizonten glimmerreiche Partien auskartiert wurden, die Zinkkonzentrationen von 2000 ppm (Hellglimmer) enthalten, ergänzen sich Gelände- und Analysebefunde mit den Ergebnissen der statistischen Verfahren und geben auch die Erklärung für die Korrelation von Zink und Cadmium mit dem Glimmerbestandteil Magnesium.

Somit ist die Abhängigkeit des Mobilitätsverhaltens von Zink und Cadmium von verschiedenen Komponenten festzustellen, die in absteigender Reihenfolge die Affinitätssequenz bilden: Fayalitische Gruppe, organische Komponente, vulkanogene/sedimentäre Gruppe. Dieser Sequenz trifft im wesentlichen auch für Kupfer zu, wobei zur organischen Komponente nur indifferente Korrelationsbeziehungen vorliegen.

Blei läßt keine eindeutigen Aussagen über sein Bindungsverhalten zu. Da Blei mit einem geringen prozentualen Anteil seiner Varianz auf F 2 — dem Faktor, dem auch Eisen und Mangan zugeordnet sind — läßt, könnte sein Bindungsverhalten von der fayalitischen Gruppe beeinflußt sein.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, daß die Erzmatalle der oberen Bodenhorizonte an die Elemente der fayalitischen Gruppe gebunden sind, wobei aber gegenüber Heiningen Acker zusätzlich Ca-Olivine bzw. das verstärkte Auftreten karbonatischer Gangarten angenommen werden müssen, welche die karbonatische Komponente erklären. Die Erzmatalle Zink, Blei und Kupfer sind desweiteren einem Einfluß der organischen Komponente unterworfen. In den unteren Bodenhorizonten unterliegen Zink, Cadmium und Kupfer unterschiedlichen Einflüssen, während das Mobilitätsverhalten von Blei nicht eindeutig bestimmbar ist.

	pH	Zn	Pb	Cu	Cd	Ni	Co	Fe	Mg	Ca	Mn	Na	Al	K	Cr	V	C _{org}	C
obere Bodenhorizonte																		
pH		–	–	–	o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	o	o	–	o
Zn	o		++	++	++	+	+	++	++	++	++	–	o	o	o	o	++	+
Pb	o	o		++	o	++	+	++	++	++	+	–	o	–	o	o	++	+
Cu	o	+	++		+	+	+	++	++	++	++	–	o	–	o	o	++	o
Cd	o	++	o	+		o	++	+	+	o	++	o	o	o	o	o	o	o
Ni	o	++	o	+	++		o	o	++	++	o	o	+	o	o	+	++	++
Co	o	+	o	o	++	+		+	+	o	++	o	o	o	o	o	o	o
Fe	+	+	o	+	++	++	++		++	++	++	–	o	–	o	o	o	+
Mg	o	++	o	o	++	++	++	+		++	+	o	+	o	o	o	++	++
Ca	+	o	o	+	o	o	o	+	o		o	–	o	o	o	o	++	++
Mn	+	o	o	+	o	o	+	+	o	+		o	o	o	o	o	+	o
Na	+	+	o	+	+	o	+	o	o	++	++		o	++	+	o	o	o
Al	o	++	o	o	++	++	++	o	++	o	o	o		+	++	++	+	+
K	o	++	o	o	++	+	++	+	++	o	o	+	++		++	+	o	o
Cr	o	++	o	+	++	+	+	o	++	o	o	o	++	++		++	+	o
V	o	++	o	o	++	+	++	+	++	o	o	+	++	++	++		+	o
C _{org}	o	++	o	o	++	++	++	+	++	o	o	o	++	++	+	++		+
C	o	o	o	o	o	o	o	o	o	++	o	+	o	o	o	o	o	
untere Bodenhorizonte																		

Tabelle 45: Korrelationsanalyse Heiningen Grünland, obere und untere Bodenhorizonte (Feinsandfraktion)
 ++: $1.0 > r > 0.7$, +: $0.7 > r > 0.5$, in Analogie: – –, – für negative Koeffizienten; o: indifferente Korrelationsbeziehungen

Heiningen Grünland - Feinsandfraktion -					
obere Bodenhorizonte			untere Bodenhorizonte		
Faktor	Varianz [%]	Variablen	Faktor	Varianz [%]	Variablen
F 1	47	Pb, Na, Fe, Ca, Cu, C _{carb} , pH	F 1	47	Al, Cd, V, Zn, K, Mg, Cr, C _{org} , Co, Ni
F 2	29	V, Al, Cr, K, Ni, C _{org}	F 2	20	C _{carb} , Na, Mn, Ca, Fe
F 3	13	Mn, Co, Zn, Cd, Mg	F 3	13	Cu, Pb, pH
Σ F 1 - F 3	89		Σ F 1 - F 3	80	
Restvarianz	21		Restvarianz	20	

Tabelle 46: Heiningen Grünland: Faktorenanalyse (Feinsandfraktion)

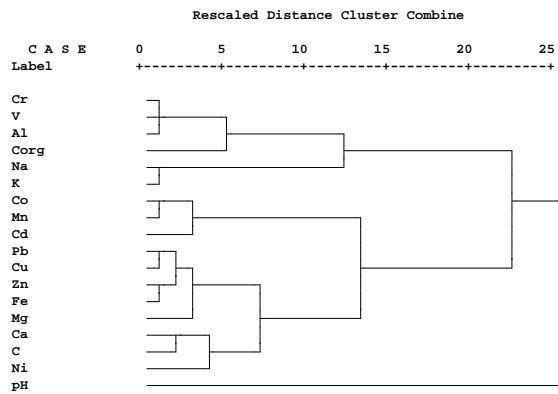


Abbildung 30: Heiningen Grünland: Clusteranalyse, obere Bodenhorizonte (Feinsandfraktion)

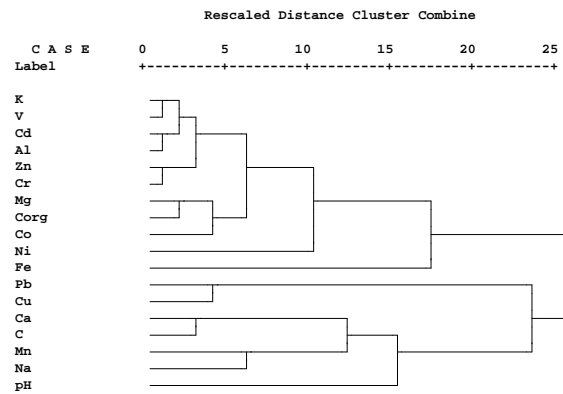


Abbildung 31: Heiningen Grünland: Clusteranalyse, untere Bodenhorizonte (Feinsandfraktion)

6.5.1.4 Untersuchungsgebiet Heiningen Grünland — Tonfraktion

6.5.1.4.1 Statistische Analyse der Elementverteilung in den oberen Bodenhorizonten (A_p , G_o , G_{ro})

Die Korrelationen von Zink, Blei und Kupfer zu Magnesium und Eisen (Blei nur zu Magnesium) und auch die zwischen Magnesium, Eisen und Aluminium deuten auf eine Bindung der Erzmehalle an die fayalitische Gruppe (Tab. 47). Der Einfluß der Tonminerale auf Kupfer, Blei und Zink ist ebenfalls möglich, da diese bei der Zersetzung von Vulkaniten und Sedimenten entstehen und in ihren Chloritanteilen genau diese Elementkombination (Mg, Al) enthalten. Da Tone für Schwermetalle eine hohe Adsorptionskapazität besitzen, erklären sie zudem die Korrelation von Cadmium mit Aluminium. D.h., daß es im Untersuchungsgebiet Heiningen Grünland zur Überlappung unterschiedlicher Bindungsmechanismen für Zink, Blei und Kupfer kommt; während Cadmium im wesentlichen an Tonminerale gebunden ist.

Dieses geochemische Muster wird durch die Ausbildung engständiger Cluster (Abb. 32), die wiederum miteinander verknüpft sind, bestätigt; die Elementverteilung auf die Faktoren (Tab. 48) unterstützt die Aussagen der Korrelations- und Clusteranalyse.

Der Einfluß der organischen Phase auf das Bindungsverhalten der Erzmehalle, gleichgültig, welches statistische Verfahren zur Interpretation herangezogen wird, ist auffallend gering. Es besteht lediglich eine negative Korrelation der organischen Komponente (C_{org} und C) zu Kupfer. Eine Deutung dieser Korrelationsbeziehung ist nicht möglich.

6.5.1.4.2 Statistische Analyse der Elementverteilung in den unteren Bodenhorizonten (G_{or} , G_r)

Die Elemente der fayalitischen Gruppe, karbonatischen Komponente und der pH-Wert korrelieren untereinander positiv (Tab. 47), lassen jedoch keine Bezüge zur vulkanogenen/sedimentären Gruppe erkennen.

Der fayalitische Einfluß wird durch die Clusteranalyse (Abb. 33) aufgrund engster Beziehungen zwischen Blei, Kupfer, Zink, Eisen und Mangan eindeutig bestätigt. Cadmium läßt sich den genannten Clustern nur bedingt zuordnen und ist mit Nickel und dem pH-Wert assoziiert. Ein Einfluß der vulkanogenen/sedimentären Gruppe auf das Bindungsverhalten der Erzmehalle ist jedoch eindeutig zu verneinen. Zu gleichen Ergebnissen kommt auch die Faktorenanalyse (Tab. 48), welche die Abhängigkeit der Erzmehalle von der fayalitischen Gruppe deutlich herausstellt. Die Bindungsmechanismen sind zusammenfassend in Tabelle 49 dargestellt.

	pH	Zn	Pb	Cu	Cd	Ni	Co	Fe	Mg	Ca	Mn	Na	Al	K	Cr	V	C _{org}	C
obere Bodenhorizonte																		
pH		o	o	o	o	–	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Zn	++		o	o	++	o	o	+	+	o	o	o	+	o	++	o	o	o
Pb	++	++		o	+	o	o	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o	–
Cu	++	++	++		o	o	o	+	++	o	o	o	o	o	o	o	--	–
Cd	+	++	+	+		o	+	o	o	o	o	o	+	o	+	o	o	o
Ni	+	+	o	o	++		o	o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	o
Co	+	o	o	o	o	o		+	o	o	+	o	+	+	o	o	o	o
Fe	+	++	++	++	o	o	o		++	o	o	o	++	+	o	–	–	–
Mg	o	o	o	o	o	o	o	o		o	o	o	+	o	o	o	o	o
Ca	+	+	+	+	o	o	+	++	o		o	o	o	--	o	+	o	o
Mn	++	++	++	++	+	o	+	++	o	++		o	o	+	o	o	o	o
Na	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		o	–	o	o	o	o
Al	o	–	–	--	o	o	o	–	++	–	--	+		++	+	o	o	o
K	o	o	o	–	o	o	o	o	++	o	o	o	++		o	o	o	o
Cr	o	–	–	–	o	o	o	o	+	o	–	+	++	++		o	o	o
V	o	o	o	o	o	o	+	o	+	o	o	+	++	++	++		+	++
C _{org}	o	o	o	o	o	o	++	o	o	o	o	o	+	++	+	++		++
C	+	o	o	o	o	o	+	++	o	++	++	o	--	o	–	o	o	
untere Bodenhorizonte																		

Tabelle 47: Korrelationsanalyse Heiningen Grünland, obere und untere Bodenhorizonte (Tonfraktion)
++: 1.0 > r > 0.7, +: 0.7 > r > 0.5, in Analogie: –, – für negative Koeffizienten; o: indifferente Korrelationsbeziehungen

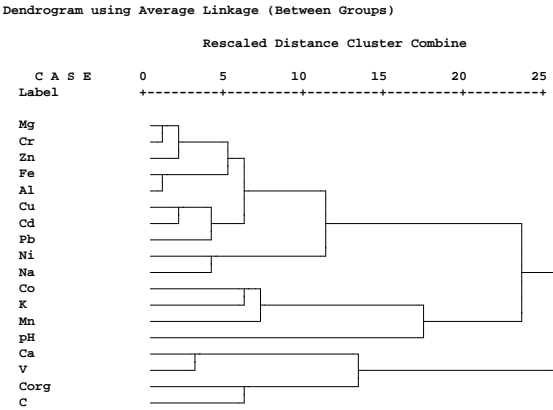


Abbildung 32: Heiningen Grünland: Clusteranalyse, obere Bodenhorizonte (Tonfraktion)

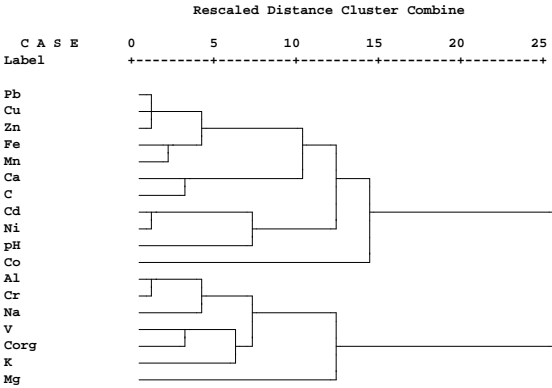


Abbildung 33: Heiningen Grünland: Clusteranalyse, untere Bodenhorizonte (Tonfraktion)

Heiningen Grünland - Tonfraktion -					
obere Bodenhorizonte			untere Bodenhorizonte		
Faktor	Varianz [%]	Variablen	Faktor	Varianz [%]	Variablen
F 1	46	Cr, Cd, Mg, Zn, Pb, Ni, Fe, Cu, Al, pH	F 1	48	Cd, Zn, Ni, Cu, Pb, Fe, Mg
F 2	27	K, Ca, Co, Na, Mn	F 2	26	V, C _{org} , Cr, K, Al, Na, Co, pH
F 3	16	C _{carb} , C _{org} , V	F 3	12	Ca, C _{carb} , Mn
Σ F 1 - F 3	89		Σ F 1 - F 3	86	
Restvarianz	11		Restvarianz	14	

Tabelle 48: Heiningen Grünland: Faktorenanalyse (Tonfraktion)

Zusammenfassend bleibt festzustellen, daß in den oberen Bodenhorizonten für Zink, Kupfer, Blei und Cadmium unterschiedliche Bindungsmechanismen greifen. Neben der eindeutigen Bindung von Zink, Blei und Kupfer (untergeordnet Cadmium) an die fayalitische Gruppe, beeinflussen Tonminerale — als Verwitterungsprodukte der vulkanogenen/sedimentären Gruppe — das Bindungsverhalten dieser Erzmatalle (untergeordnet Blei). In den unteren Bodenhorizonten sind die Erzmatalle vorzugsweise an die fayalitische Gruppe und deren Zerfallsprodukte gebunden. Untergeordnet wirken sich der pH-Wert und die karbonatische Komponente auf das Bindungsverhalten aus. Die vulkanogene/sedimentäre Gruppe beeinflußt die Mobilität der Erzmatalle nicht.

Im Tiefenprofil der Erzelementverteilung fehlen — im Gegensatz zum Untersuchungsgebiet Heiningen Acker — die signifikanten Konzentrationssprünge über alle Bodenhorizonte. Wie auch in der Feinsandfraktion (Heiningen Grünland) ist das Zn/Cd-Verhältnis durch eine überproportionale Zinkanreicherung charakterisiert. Die signifikanten Korrelationen der Erzmatalle mit Eisen und Mangan lassen auf eine Bindung der Erzmatalle an fayalitische Schlacken schließen. Dies erlaubt den Schluß, daß für die Festlegung der Erzmatalle in Heiningen Grünland das geochemische Milieu mitentscheidend ist, da Hydroxide, Oxide und karbonatische Verbindungen von Mangan und Eisen im o.g. pH-Bereich (7,70 - 8,10) stabil sind und somit in der Ton- wie auch in der Feinsandfraktion Erzmatalle zu fixieren vermögen.

Erklärbar wird dieses von Heiningen Acker abweichende geochemische Verteilungsmuster durch die im Untersuchungsgebiet Heiningen Grünland nachgewiesene Alluvialseife. Es kam zur bevorzugten Akkumulation von Schlacken, Hellglimmern, einem vergleichsweise hohen opaken Anteil und Gangarten, die aufgrund ihrer Genese für das basische Milieu verantwortlich sind. Im Vorgriff auf die Ergebnisse der sequentiellen Elution ist zu bemerken, daß wegen der vorwiegenden Bindung der Erzmatalle an die weniger leicht reduzierbare und residuale Phase im Untersuchungsgebiet Heiningen Acker selbst im schwach sauren Milieu eine Schwermetallmobilisierung unwahrscheinlich ist. Dagegen liegen in Heiningen Grünland mit einem Anteil von bis zu 30 % labilere Bindungsformen vor (Phase I bis III), die auf einen vergleichsweise höheren Eintrag von anthropogen beeinflusstem Material (z.B. Schlacken) verweisen.

Heiningen Grünland												
obere Bodenhorizonte							untere Bodenhorizonte					
Feinsandfraktion			Tonfraktion				Feinsandfraktion			Tonfraktion		
Pb	fa	fa	fa	fa	fa	fa	/	/	/	fa	fa	fa
	org	/	org	/	vs	vs	/	/	/	karb	/	/
	karb	karb	karb	/	/	/	/	/	(fa)	/	/	/
Cu	fa	fa	fa	fa	fa	fa	fa	/	/	fa	fa	fa
	org	/	org	/	vs	vs	karb	/	/	karb	/	/
	karb	karb	karb	/	/	/	/	/	(fa)	/	/	/
Zn	fa	fa	fa	fa	fa	fa	vs	vs	vs	fa	fa	fa
	org	/	/	vs	vs	vs	fa	karb	org	karb	/	/
	karb	karb	karb	/	/	/	org	org	/	/	/	/
Cd	fa	fa	fa	vs	fa	fa	vs	vs	vs	fa	pH	fa
	/	/	karb	/	vs	vs	fa	org	org	/	(fa)	/
	/	/	/	/	/	/	org	/	/	/	/	/
	K	C	H	K	C	H	K	C	H	K	C	H

Tabelle 49: Übersicht über die Bindungsmechanismen im Untersuchungsgebiet Heiningen Grünland.

fa = fayalitische Gruppe, karb = karbonatische Komponente, org = organische Komponente, pH = pH-Wert, vs = vulkanogene/sedimentäre Gruppe, K = Korrelationsanalyse, C = Clusteranalyse, H = Faktorenanalyse; Fettdruck = stark beeinflussend; Normal = beeinflussend: in Klammern = Einfluß andeutungsweise

6.5.1.5 Untersuchungsgebiet Heiningen Wald — Feinsandfraktion

6.5.1.5.1 Statistische Analyse der Elementverteilung in den oberen Bodenhorizonten (A_h , G_o , G_{ro})

Während das Bindungsverhalten der Erzmehalle in den oberen Bodenhorizonten des Untersuchungsgebietes Heiningen Acker bevorzugt von der fayalitischen Gruppe abhängt und in Heiningen Grünland mehrere Faktoren (fayalitische-, karbonatische Gruppe und organische Komponente) die Mobilität der Erzmehalle steuern, wirken im Untersuchungsgebiet Heiningen Wald andere Bindungsmechanismen. Blei, Kupfer und Cadmium sind an die fayalitische und vulkanogene/sedimentäre Gruppe, Cadmium ist darüber hinaus an die organische Komponente gebunden, wie durch die Korrelationsanalyse aufgezeigt werden konnte (Tab. 50). Zink ist mit sämtlichen Elementen indifferent korreliert.

Die Bezüge der Erzelemente zur fayalitischen Gruppe wird durch die Faktorenanalyse (Tab. 51) gestützt, da sämtliche Erzmehalle (auch Zink) gemeinsam mit Mangan und Magnesium als Vertreter der fayalitischen Gruppe den Faktor 2 laden, die Auswertung der Clusteranalyse (Abb. 34) läßt jedoch keine weiteren Zusammenhänge erkennen.

Korrelationen zwischen Eisen und Magnesium sowie von Eisen zu den Elementen der vulkanogenen/sedimentären Gruppe belegen — wie bereits gezeigt — einen Einfluß der genannten Gruppe auf das Bindungsverhalten der Erzmehalle, da als potentielle Magnesiumlieferanten einerseits fayalitische Schlacken, andererseits die Edukte der Liefergebiete (vulkanogene/sedimentäre Gruppe) in Frage kommen.

6.5.1.5.2 Statistische Analyse der Elementverteilung in den unteren Bodenhorizonten (G_{or} , G_r)

Im Gegensatz zu den oberen Bodenhorizonten wird das Mobilitätsverhalten der Erzelemente von der karbonatischen Komponente und von der organischen Komponente (Ausnahme: Cadmium) dominiert (Tab. 50). Daneben

belegt die positive Korrelation von Calcium mit Aluminium und Vanadium sowie die von Blei, Kupfer und Cadmium mit Vertretern der vulkanogenen/ sedimentären Gruppe eine Bindung der Erzmatalle an diese Gruppe.

Die Faktorenanalyse (Tab. 51) bestätigt andeutungsweise den Einfluß der vulkanogenen/sedimentären Gruppe auf das Bindungsverhalten der Erzmatalle Kupfer, Blei und Cadmium, da Aluminium (Faktor F 1), mit den genannten Erzelementen positiv korreliert und mit 25 % seiner Varianz auf F 2 lädt. Für Zink (F 3) läßt sich eine Bindung an C_{org} festmachen. Dies steht im Einklang mit den Ergebnissen der Korrelations- und Clusteranalyse (Abb. 35), während sich für Blei und Kupfer Abhängigkeiten zur fayalitischen Gruppe andeuten.

Wie in Heiningen Acker (untere Bodenhorizonte) wird in Heiningen Wald in den unteren Bodenhorizonten das Bindungsverhalten von Zink, Kupfer und Blei durch die organische Komponente bestimmt. Der Einfluß der vulkanogenen/sedimentären Gruppe und karbonatischen Gruppe, der sich auf das Bindungsverhalten der Erzmatalle untergordnet auswirkt, ist in Heiningen Acker nicht gegeben, in Heiningen Grünland liegen kompliziertere Verhältnisse vor.

Dieses Bindungsschema ist durch die anteilige Abnahme fayalitischer Schlacken in den unteren Bodenhorizonten und den damit verknüpften signifikanten Abnahmen der Erzmetallkonzentrationen um das 2 bis 20fache erklärbar. Der geogene Anteil, repräsentiert durch die Elementassoziation Al, V, Cr, K, Mg und Ca, tritt dafür in den Vordergrund. Dies weist — neben der Bindung der Erzmatalle an die organische Komponente — auf eine Durchmischung der harzbürtigen Sedimente mit unbelasteten Sedimenten der Warne hin. Die Warne trägt in der Hauptsache karbonatisches- und lößhaltiges Material ein, das die Calcium- Magnesium- und Aluminiumkonzentrationen in den unteren Bodenhorizonten ansteigen läßt. Demgegenüber steht die Materialzusammensetzung der Auenablagerungen in Heiningen Acker und Grünland, die primär durch die Okersedimente geprägt sind.

	pH	Zn	Pb	Cu	Cd	Ni	Co	Fe	Mg	Ca	Mn	Na	Al	K	Cr	V	C _{org}	C
obere Bodenhorizonte																		
pH		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	—	o	o	o	o	o	o
Zn	o		o	o	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Pb	o	++		++	+	+	+	++	++	o	o	o	+	+	+	++	o	o
Cu	o	+	++		++	++	+	++	++	o	o	o	+	+	+	+	o	o
Cd	o	o	o	+		++	+	o	++	o	+	o	o	+	+	+	+	o
Ni	o	o	o	o	o		++	+	++	+	+	+	+	+	++	++	+	o
Co	o	o	o	o	o	++		+	+	o	++	o	o	o	+	o	o	o
Fe	+	o	o	o	o	++	+		+	o	o	o	+	+	+	++	o	o
Mg	o	o	o	o	o	++	+	++		o	o	o	o	+	+	+	+	o
Ca	o	+	++	++	+	o	o	o	o		o	o	o	o	o	o	o	++
Mn	+	o	o	o	o	o	o	+	o	o		o	o	o	o	o	o	o
Na	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		++	++	++	++	+	o
Al	o	o	+	++	+	+	o	o	+	++	o	o		++	++	++	+	o
K	o	o	o	o	o	++	+	++	++	o	o	+	++		++	++	+	o
Cr	o	o	o	+	+	++	o	+	++	o	o	o	++	++		++	+	o
V	o	o	o	+	o	++	o	+	+	+	o	o	++	++	++		+	o
C _{org}	o	++	++	++	o	o	o	o	o	++	o	o	o	o	o	o	o	o
C	o	++	o	o	o	o	o	o	o	++	o	o	o	o	o	o	++	
untere Bodenhorizonte																		

Tabelle 50: Korrelationsanalyse Heiningen Wald, obere und untere Bodenhorizonte (Feinsandfraktion)

++: $1.0 > r > 0.7$, +: $0.7 > r > 0.5$, in Analogie: —, — für negative Koeffizienten; o: indifferente Korrelationsbeziehungen

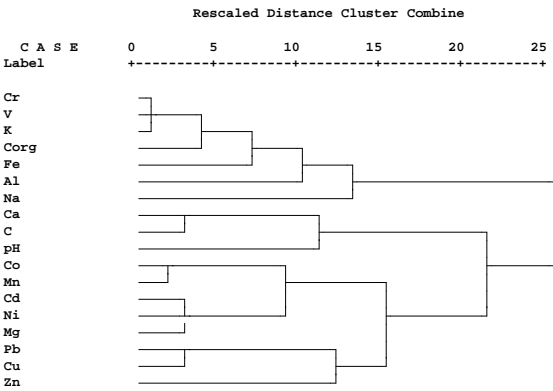


Abbildung 34: Heiningen Wald: Clusteranalyse, obere Bodenhorizonte (Feinsandfraktion)

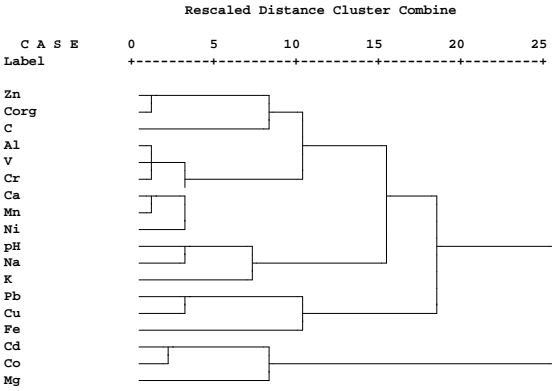


Abbildung 35: Heiningen Wald: Clusteranalyse, untere Bodenhorizonte (Feinsandfraktion)

Heiningen Wald - Feinsandfraktion -					
obere Bodenhorizonte			untere Bodenhorizonte		
Faktor	Varianz [%]	Variablen	Faktor	Varianz [%]	Variablen
F 1	32	V, K, Cr, C _{org} , Fe, Al	F 1	45	Ca, Mn, V, Mg, Ni, Cr, Al
F 2	28	Cu, Pb, Cd, Mg, Na, Ni, Zn, Co, Mn	F 2	26	Cu, Co, Pb, C _{carb} , Cd, K
F 3	13	C _{carb} , pH, Ca	F 3	21	Na, pH, Fe, Zn, C _{org}
Σ F 1 - F 3	73		Σ F 1 - F 3	92	
Restvarianz	27		Restvarianz	8	

Tabelle 51: Heiningen Wald: Faktorenanalyse (Feinsandfraktion)

6.5.1.6 Untersuchungsgebiet Heiningen Wald — Tonfraktion

6.5.1.6.1 Statistische Analyse der Elementverteilung in den oberen Bodenhorizonten (A_h, G_o, G_{ro})

Abweichend von den Verhältnissen in der Tonfraktion der oberen Bodenhorizonte in Heiningen Acker und Heiningen Grünland muß Zink in Heiningen Wald wegen seiner positiven Korrelation mit Calcium, das wiederum positiv mit dem pH-Wert korreliert, von der karbonatischen Komponente abhängig sein. Kupfer ist mit den Elementen der fayalitischen Gruppe (Eisen) assoziiert. Ansonsten weisen die Erzmatalle — wie auch in Heiningen Acker (Tonfraktion) — zu den übrigen Variablen nur indifferente Beziehungen auf (Tab. 52).

Das Dendrogramm (Abb. 36) indiziert, daß Zink und Cadmium sowie Blei und Kupfer engständige, miteinander korrespondierende Cluster bilden, die andeutungsweise mit dem Eisen-, Mangan- und Kobaltcluster verknüpft sind. Die Erzmatalle sind somit an die fayalitische Gruppe fixiert, was auch aus der Faktorenanalyse (Tab. 53) durch gemeinsames Laden der Erzmatalle mit den Elementen der fayalitischen Gruppe auf den Faktor F 2 hervorgeht.

6.5.1.6.2 Statistische Analyse der Elementverteilung in den unteren Bodenhorizonten (G_{or}, G_r

Gegenüber der Bindung an die fayalitische Gruppe in den oberen Bodenhorizonten, wird die Mobilität von Blei und Zink in den unteren Bodenhorizonten durch die organische Komponente und von Blei desweiteren durch die karbonatische Komponente bestimmt. Weitere Aussagen läßt die Korrelationsanalyse (Tab. 52) jedoch nicht zu. Werden die Cluster- und Faktorenanalyse hinzugezogen, so ergeben sich für Cadmium potentielle Bindungsmöglichkeiten mit C_{org} und für Kupfer mit der vulkanogenen/sedimentären Gruppe.

Die Einzelbetrachtung ergibt folgendes Bild: Cadmium ist mit Zink und Blei positiv korreliert, wobei Zink und Blei ein engst ndiges Cluster bilden (Abb. 37), das mit Cadmium assoziiert ist. Da zwischen dem Zink/Bleicluster und dem C_{org}-Cluster (ebenfalls engst ndig ausgebildet) Korrespondenzen bestehen und Zink, Blei und Cadmium gemeinsam mit der organischen Komponente den Faktor F 2 (Tab. 53)laden, wird der Einfluß der organischen Komponente auf Zink und Blei bestätigt, desweiteren wird Cadmium durch C_{org} gesteuert.

Die zusammenfassende Übersicht in Tabelle 54 verweist nochmals auf einen dominierenden Einfluß der fayalitischen Gruppe in den oberen Bodenhorizonten, während es in den unteren Bodenhorizonten zur Überlagerung mehrerer Bindungsformen kommt: in der Feinsandfraktion wirkt sich die organische und karbonatische Komponente auf das Bindungsverhalten der Schwermetalle aus; hierin manifestiert sich ein Einflu  der Warne. In der Tonfraktion wird die Schwermetallmobilit t  berwiegend durch die organische Komponente gesteuert.

	pH	Zn	Pb	Cu	Cd	Ni	Co	Fe	Mg	Ca	Mn	Na	Al	K	Cr	V	C _{org}	C
obere Bodenhorizonte																		
pH		o	o	o	o	o	o	o	o	+	o	o	o	o	o	o	o	+
Zn	o		+	+	++	o	o	o	o	+	o	o	o	o	o	o	o	o
Pb	o	++		++	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Cu	o	o	o		o	o	+	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Cd	o	+	+	o		+	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Ni	o	o	o	+	o		o	o	+	o	o	o	+	o	+	+	o	o
Co	o	o	o	o	o	+		+	o	o	++	o	o	o	o	o	o	o
Fe	o	o	o	o	o	++	o		o	o	++	o	o	o	o	o	o	o
Mg	o	o	o	o	o	++	o	++		o	o	o	++	++	++	++	o	o
Ca	o	o	+	o	o	o	o	o	o		o	o	o	o	o	o	o	o
Mn	+	o	o	–	o	o	o	o	o	o		o	o	o	o	o	o	o
Na	o	–	o	o	–	o	o	o	o	o	o		o	+	o	o	o	o
Al	o	o	o	o	o	++	+	++	++	o	o	o		++	++	++	o	o
K	o	o	o	o	o	++	+	++	++	o	o	o	++		++	++	o	o
Cr	o	–	o	o	o	+	+	+	+	o	o	o	+	+		++	o	o
V	o	o	o	+	o	++	+	+	+	o	o	o	++	++	+		o	o
C _{org}	o	+	+	o	o	–	o	o	–	+	o	o	o	–	–	o		o
C	o	+	+	–	o	–	o	–	–	o	o	o	o	o	–	o	++	
untere Bodenhorizonte																		

Tabelle 52: Korrelationsanalyse Heiningen Wald, obere und untere Bodenhorizonte (Tonfraktion)
++: 1.0 > r > 0.7, +: 0.7 > r > 0.5, in Analogie: – –, – f r negative Koeffizienten; o: indifferente Korrelationsbeziehungen

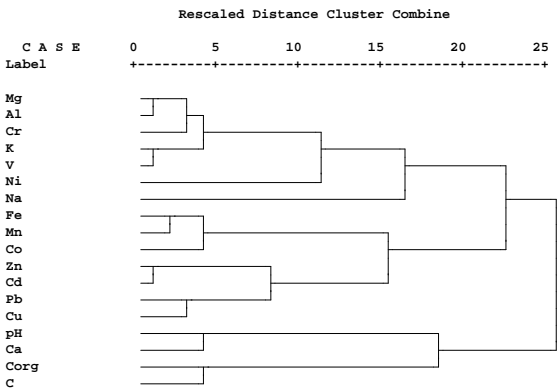


Abbildung 36: Heiningen Wald: Clusteranalyse, obere Bodenhorizonte (Tonfraktion)

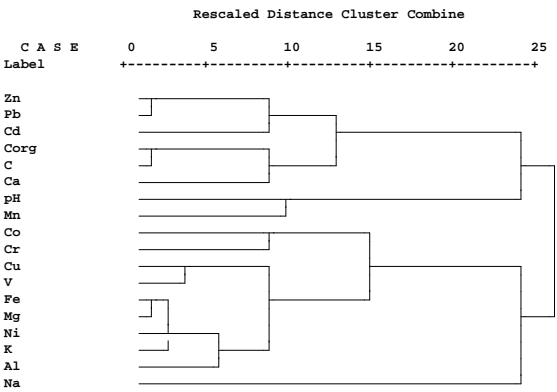


Abbildung 37: Heiningen Wald: Clusteranalyse, untere Bodenhorizonte (Tonfraktion)

Heiningen Wald - Tonfraktion -					
obere Bodenhorizonte			untere Bodenhorizonte		
Faktor	Varianz [%]	Variablen	Faktor	Varianz [%]	Variablen
F 1	30	V, Al, K, Mg, Cr, Ni, Na	F 1	37	Ni, Fe, K, Mg, Al, V
F 2	25	Cu, Cd, Co, Zn, Mn, Fe, Pb	F 2	22	Zn, Pb, C _{org} , C _{carb}
F 3	14	C _{carb} , pH, Ca, C _{org}	F 3	16	Ca, Cd, Na
Σ F 1 - F 3	69		Σ F 1 - F 3	75	pH, Mn, Cu, Cr, Co
Restvarianz	31		Restvarianz	25	

Tabelle 53: Heiningen Wald: Faktorenanalyse (Tonfraktion)

Heiningen Wald												
obere Bodenhorizonte							untere Bodenhorizonte					
Feinsandfraktion			Tonfraktion				Feinsandfraktion			Tonfraktion		
Pb	fa	/	(fa)	/	/	fa	org	fa	/	org	org	org
	vs	/	/	/	(fa)	/	karb	/	/	karb	/	karb
	/	/	/	/	/	/	vs	/	(vs)	/	/	/
Cu	fa	/	(fa)	/	/	fa	vs	fa	/	(vs)	/	/
	vs	/	/	fa	(fa)	/	org	/	/	/	(vs)	/
	/	/	/	/	/	/	karb	/	(vs)	/	/	(vs)
Zn	/	/	(fa)	karb	/	fa	org	/	/	org	org	org
	/	/	/	/	(fa)	/	karb	org	org	/	/	karb
	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Cd	fa	/	(fa)	/	/	fa	vs	(vs)	/	/	org	org
	org	/	/	/	(fa)	/	karb	/	/	/	/	karb
	vs	/	/	/	/	/	/	/	vs	/	/	/
	K	C	H	K	C	H	K	C	H	K	C	H

Tabelle 54: Übersicht der Bindungsmechanismen im Untersuchungsgebiet Heiningen Wald.

fa = fayalitische Gruppe, karb = karbonatische Komponente, org = organische Komponente, pH = pH-Wert, vs = vulkanogene/sedimentäre Gruppe, K = Korrelationsanalyse, C = Clusteranalyse, H = Faktorenanalyse; Fettdruck = stark beeinflussend; Normal = beeinflussend: in Klammern = Einfluß andeutungsweise

6.5.2 Zusammenfassung der Ergebnisse der statistischen Analysen am Standort Heiningen

Zur Charakterisierung der Abhängigkeit der Erzmehalle Zn, Pb, Cu und Cd von den einzelnen Elementgruppen sind starke Einflüsse, welche die Schwermetallmobilität zu steuern vermögen, von untergeordneten, eher modifizierend wirkenden, zu unterscheiden. Unter diesen Voraussetzungen wird das Bindungsverhalten am Standort Heiningen bevorzugt von den Elementen der fayalitischen Gruppe-, der karbonatischen und organischen Komponente, fallweise auch von den Elementen der vulkanogenen/sedimentären Gruppe bestimmt. Die Elemente der fayalitischen Gruppe sind wichtigstes Agens der Mobilitätssteuerung. Dies gilt vor allem im Oberboden.

In den unteren Bodenhorizonten nimmt der Einfluß der fayalitischen Gruppe zugunsten der organischen Komponente ab, die im Oberboden eine nur untergeordnete Rolle spielt, während der Einfluß der karbonatischen Komponente in allen Bodenhorizonten gleich ist. Dabei sind die Elemente der fayalitischen Gruppe und die karbonatische Komponente in der Feinsandfraktion wirksamer als in der Tonfraktion. Die organische Komponente — in den oberen Horizonten unbedeutend — beherrscht die Tonfraktion im Unterboden.

In Heiningen Acker prägen die fayalitische Gruppe und die organische Komponente das Bindungsverhalten der Erzmehalle deutlich, während die karbonatische Komponente weitgehend unwirksam ist (Tab. 55). Die Elemente

der fayalitischen Gruppe sind oben wie unten gleichermaßen dominant und in der Feinsandfraktion wesentlich wirksamer als in der Tonfraktion. Die organische Komponente ist dagegen besonders in den unteren Bodenhorizonten und hier v.a. in der Tonfraktion am wirksamsten.

Im Gegensatz zu Heiningen Grünland und Heiningen Wald hat der pH-Wert in beiden Fraktionen des Oberbodens kontrollierende Funktion. Da der pH der Böden über deren Bewirtschaftung eingestellt ist, sind allerdings zeitinstabile und variable pH-Verhältnisse zu erwarten.

In Heiningen Wald liegen ähnliche Verhältnisse wie in Heiningen Acker vor. Auf das Bindungsverhalten nehmen hier drei Gruppen bzw. Komponenten Einfluß: Die fayalitische Gruppe und die karbonatische Komponente hauptsächlich in den oberen (v.a. Feinsandfraktion), die organische Komponente vor allem in den unteren Horizonten (v.a. Tonfraktion). Im Unterschied zu Heiningen Acker nimmt in Heiningen Wald die karbonatische Komponente stärkeren Einfluß auf die Erzmatalle, da zum einen die Warne, die das Untersuchungsgebiet Heiningen Wald quert, unbelastetes karbonatisches Material in die Böden einträgt, zum anderen eine regelmäßige Aufkalkung des Waldbodens erfolgt.

Ganz anders stellt sich die Situation in Heiningen Grünland dar. Während in Heiningen Acker und Wald die Schwermetallkonzentrationen mit dem Übergang zum reduzierenden Milieu drastisch abnehmen, bleiben sie in Heiningen Grünland über alle Bodenhorizonte bis auf geringfügige Konzentrationsabnahmen nahezu unverändert. Dies sind Auswirkungen einer Alluvialseife, die sich in Heiningen Grünland gebildet hat und die Böden bis in den G_r-Horizont durchsetzt. Auch tritt die organische Komponente stark zurück, so daß die fayalitische Gruppe (v.a. in den oberen Bodenhorizonten) und karbonatische Komponente (Gangarten, Ca-haltige Schlacken) das Verhalten der Erzmatalle bestimmen können: In den unteren sind beide Komponenten — und das bevorzugt in der Tonfraktion — gleichwertig. Fallweise wirken sich in allen drei Untersuchungsgebieten die Elemente der vulkanogen/sedimentären Gruppe, wenn auch mit unterschiedlicher Intensität, auf die Erzmatalle aus, wobei sich Glimmer und Karbonate (Feinsandfraktion) bzw. Chlorite und Karboante (Tonfraktion) als Bindungspartner anbieten.

Die geochemischen Verteilungsmuster am Standort Heiningen sind mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die erhöhte Erzproduktion seit 1880 (Erschließung des „Neuen Lagers“) und auf die Verhüttung von Zinkblende (erst seit Mitte des 19. Jahrhunderts technologisch möglich) zurückzuführen. Die erhöhte Erzproduktion und die damit verknüpfte Zunahme anfallender Schlacken hatte einen entsprechend starken Austrag in das Vorland zur Folge. Hierdurch ist die Abhängigkeit der Erzmatalle von der fayalitischen Gruppe gerade in den oberen Bodenhorizonten und vor allem die überproportionale Zinkanreicherung (Zn/Cd-Verhältnis von 250 bzw. 230) in den Auensedimenten von Heiningen Acker und Heiningen Wald erklärbar. In Heiningen Grünland, wo über das ganze Bodenprofil konstant hohe Zink- und Cadmiumgehalte vorliegen, wirkt sich der zusätzliche Einfluß einer alluvialen Seife in den unteren Bodenhorizonten aus. Somit spiegeln sich am Standort Heiningen im wesentlichen temporäre und z.T. anthropogen verursachte Prozesse (Bergbauaktivitäten, Sedimentationsgeschichte) wider. Ein Einfluß des geochemischen Milieus konnte nur fallweise aufgedeckt werden und ist, beispielsweise als Folge landwirtschaftlicher Nutzung in Heiningen Acker ebenfalls anthropogen bedingt. Hinzu kommt, daß Überlagerungen mehrerer Faktoren die Verhältnisse verschleiern und oft keine eindeutigen Abhängigkeiten erkennen lassen. So liegen beispielsweise im Oberboden von Heiningen Wald die höchsten Schwermetallkonzentrationen am Standort Heiningen vor, obwohl den pH-Werten nach (schwach sauer) gerade hier die höchste Bodenversauerung vorliegt und Erzmatalle stärker als

in Heiningen Acker und Heiningen Grünland hätten mobilisiert werden müssen. In Heiningen Grünland dagegen ist das Bindungsverhalten der Erzmehalle außer von temporären Prozessen eindeutiger vom geochemischen Milieu abhängig, da hier durch die alluviale Seife mit einer Akkumulation von karbonathaltigem Material ein basisches Milieu erzeugt wurde.

Gegenüber den Feinsanden ist die Tonfraktion durch eine hohe Anzahl indifferenter Korrelationsbeziehungen ausgezeichnet. Während die Halden das hauptsächliche Liefergebiet der Feinsande sind und sie daher als relativ „reine Fraktion“ von eindeutiger Herkunft abgelagert werden, unterliegen die Tone bei Sedimentation und Schwermetallverteilung weiteren Einflüssen. So z.B. dem der Warne, die die Okeraue bei Heiningen durchfließt und bei Hochwässern unbelastetes Material aus dem Oder — vorzugsweise Karbonate, Löss und Hanglehne — einschwemmt und mit belastetem Okermaterial vermischt (Abreicherungstrukturen durch Verdünnungseffekte). Anreicherungsstrukturen sind ehemalige Entwässerungs- und Mühlengräben, die als Senke fungieren und schwermetallbelastete tonige Sedimente grundsätzlich aufkonzentrieren. Daher ist die Tonfraktion am Standort Heiningen inhomogener als die Feinsandfraktion ausgebildet, was die Korrelationsanalysen zeigen und sich auch in der bodenkundlichen Kartierung widerspiegelt. Die Bindungsmechanismen sind in Tabelle 55 zusammengefaßt.

Standort Heiningen — obere und untere Bodenhorizonte -												
Acker					Grünland				Wald			
oben		unten		oben		unten		oben		unten		
FS	T	FS	T	FS	T	FS	T	FS	T	FS	T	
Pb	fa	pH	org	org	fa	fa	/	fa	fa	/	org	org
	pH	/	fa	/	karb	vs	/	karb	vs	fa	karb	karb
	/	(fa)	/	/	org	/	/	pH	/	/	vs	/
Cu	fa	pH	org	org	fa	fa	fa	fa	fa	/	org	(vs)
	pH	/	fa		karb	vs	karb	karb	vs	fa	vs	/
	/	/	/	/	org	/	/	pH	/	/	karb	/
Zn	fa	fa	org	org	fa	fa	vs	fa	/	/	org	org
	/	vs	fa	/	karb	vs	org	karb	(fa)	karb	karb	/
	/	/	/	/	org	/	fa	pH	/	fa	/	karb
Cd	fa	fa	vs	org	fa	vs	vs	fa	fa	/	karb	org
	/	vs	org	/	/	fa	org	/	vs	fa	vs	/
	/	/	fa	/	(karb)	/	fa	pH	org	/	/	karb

Tabelle 55: Übersicht über die Bindungsmechanismen am Standort Heiningen.

fa = fayalitische Gruppe, karb = karbonatische Komponente, org = organische Komponente, pH = pH-Wert, vs = vulkanogene/sedimentäre Gruppe, K = Korrelationsanalyse, C = Clusteranalyse, H = Faktorenanalyse; Fettdruck = stark beeinflussend; Normal = beeinflussend: in Klammern = Einfluß andeutungsweise

6.5.3 Standort Vienenburg

Da am Standort Vienenburg lediglich die oberen Bodenhorizonte beprobt wurden, können nur Elementverteilungen unter oxidierenden Verhältnissen berücksichtigt werden.

Die Ecker durchfließt den westlichen Bereich des Brockengranits, den Eckergneis, durchschneidet den Harzburger Gabbro, dann Ilsegranit und Tonschiefer und im Mittellauf wird sie von Oberkreidemergeln des Campans gesäumt — Liefergebiete für beispielsweise Glimmer und Karbonate. Dieser geogene Einfluß spiegelt sich in den Auensedimenten durch die positiven Korrelationen zwischen Aluminium, Eisen und Magnesium wider.

6.5.3.1 Untersuchungsgebiet Vienenburg Acker — Feinsandfraktion

6.5.3.1.1 Statistische Analyse der Elementverteilung

Eindeutige Aussagen über das Bindungsverhalten der Erzmehalle sind aufgrund der hohen Anzahl indifferenter Korrelationen nicht möglich

Zink, Blei und Kupfer, die positiv mit Mangan korrelieren (Tab. 56), sind möglicherweise an fayalitische Schlacken und deren Zerfallsprodukte gebunden, wobei Mangan wiederum positive Korrelationsbeziehungen zu Calcium und C_{org} zeigt. Die Korrelationen von Cadmium mit Kobalt, Magnesium und Aluminium verweisen auf eine Bindung von Cadmium an die vulkanogene/sedimentäre Gruppe. Da Magnesium und Aluminium — wie auch Eisen, das zu den Elementen der vulkanogenen/sedimentären positive Bezüge zeigt — geogener Herkunft sind, ist es wahrscheinlich, daß Cadmium adsorptiv an die im Boden häufig auftretenden Glimmer fixiert ist. Als Hauptliefergebiete der Glimmer kommen der Eckergneis und das Brockenmassiv in Betracht.

Die Clusteranalyse (Abb. 38) weist eine Bindung der Erzmehalle an die organische und karbonatische Komponente nach, was aufgrund der Nutzung des Untersuchungsgebietes als Acker (Kalkung, höherer C_{org} -Anteil) plausibel erscheint. Die Korrelationen zum Mangan deuten auf die Bindung der Erzmehalle an Manganoxide(=fayalitische Gruppe) hin, so daß die Bindung der genannten Erzmehalle von mehreren Faktoren gesteuert wird. Anhand der Faktorenanalyse (Tab. 57) können keine weiteren Aussagen getroffen werden, da ein Großteil der Variablen die einzelnen Faktoren negativ lädt.

Im Gegensatz zu den noch zu besprechenden Untersuchungsgebieten am Standort Vienenburg zeichnet sich lediglich in Vienenburg Acker (Feinsandfraktion) eine mögliche Bindung der Erzmehalle Zink, Blei und Kupfer an die fayalitische Gruppe ab. Im Einzugsgebiet der Ecker erfolgten vergleichsweise geringe Bergbauaktivitäten und kaum Verhüttungsprozesse. Letztendlich resultieren hieraus nur geringe Schlackenablagerungen in den Auensedimenten. Dies gilt für alle Untersuchungsgebiete und Kornfraktionen am Standort Vienenburg. Demgegenüber sind am Standort Heiningen die Elemente der fayalitischen Gruppe für das Bindungsverhalten der Erzmehalle dort von signifikanter Bedeutung, wo durch die verstärkte Bergbauaktivität und Schlackenproduktion ab ca. 1850 im Einzugsgebiet der Oker die Auensedimente entsprechend belastet wurden.

6.5.3.2 Untersuchungsgebiet Vienenburg Acker — Tonfraktion

6.5.3.2.1 Statistische Analyse der Elementverteilung

Wie auch in der Feinsandfraktion ist die Korrelationsmatrix der Tonfraktion durch eine hohe Anzahl indifferenter Korrelationsbeziehungen charakterisiert. Die Erzmehalle — mit Ausnahme des Cadmiums — sind untereinander positiv korreliert (Tab. 56), zeigen allerdings indifferente Beziehungen zum Mangan, so daß Aussagen hinsichtlich ihres Bindungsverhalten — auch unter Berücksichtigung der Cluster- und Faktorenanalyse — nicht möglich sind (Tab. 57 und Abb. 39). Auch zu den Variablen der vulkanogenen/sedimentären Gruppe, die untereinander korreliert sind, zeigen sie keinerlei Beziehungen.

Cadmium ist mit organischem Kohlenstoff korreliert. Die Cadmiumbindung wird zusätzlich durch Manganoxide bzw.-hydroxide sowie durch die karbonatische Komponente beeinflusst, so daß sich mehrere Faktoren, die auf

die Cadmiumfixierung wirken, überschneiden. Dies steht im Gegensatz zur Feinsandfraktion, in der Cadmium lediglich von der vulkanogenen/sedimentären Gruppe (Glimmer, s.o.) abhängt.

Die indifferenten Beziehungen der Erzmehalle (Ausnahme: Cadmium) zu Bindungspartnern in der Tonfraktion kann auf den Eintrag von kolluvialem unbelastetem Material, das von den angrenzenden Hängen abgetragen und letztendlich zu Verdünnungseffekten führt, zurückgeführt werden. Dies konnte auch durch die Bohrstockkartierung belegt werden. Wie auch am Standort Heiningen zeichnet sich die Feinsandfraktion durch eine Vielzahl von signifikanten Korrelationsbeziehungen aus und stellt somit die „reinere Fraktion“ dar, wobei das Brockenmassiv und der Eckergneis im Oberlauf als Liefergebiet angesehen werden müssen. Als Beleg können die in der Feinsandfraktion verstärkt auftretenden Glimmerlagen gewertet werden. Die Bindungsmechanismen sind in Tabelle 61 zusammengefaßt.

	pH	Zn	Pb	Cu	Cd	Ni	Co	Fe	Mg	Ca	Mn	Na	Al	K	Cr	V	C _{org}	C
	Tonfraktion																	
pH		o	o	o	–	+	o	+	+	–	–	+	++	o	+	+	–	–
Zn	o		++	++	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Pb	–	++		+	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Cu	–	++	++		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	–	o
Cd	o	o	o	o		o	o	o	o	+	++	o	o	o	o	o	++	+
Ni	o	–	–	–	o		o	o	++	o	o	o	o	o	+	o	o	o
Co	++	o	o	o	+	o		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Fe	o	o	o	–	o	o	o		+	o	o	o	++	o	+	+	o	o
Mg	o	o	–	–	+	o	+	+		o	o	++	++	+	++	++	o	o
Ca	–	o	o	o	o	o	o	o	o		++	o	–	o	o	o	+	++
Mn	–	+	+	+	o	o	o	o	o	++		o	o	o	o	o	+	++
Na	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	–		++	+	++	+	o	o
Al	+	o	–	–	+	o	+	+	++	o	o	+		o	++	+	o	o
K	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	+	o		o	+	+	o
Cr	++	o	–	–	o	+	+	+	+	–	–	o	++	o		+	o	o
V	++	o	o	o	o	o	++	+	+	–	o	o	++	o	++		o	o
C _{org}	–	o	o	o	o	o	o	o	o	++	+	o	–	o	o	o		+
C	–	o	o	o	o	o	o	o	o	++	++	o	o	o	–	–	++	
	Feinsandfraktion																	

Tabelle 56: Korrelationsanalyse Vienenburg Acker, obere Bodenhorizonte (Ton- und Feinsandfraktion)
++: 1.0 > r > 0.7, +: 0.7 > r > 0.5, in Analogie: –, – für negative Koeffizienten; o: indifferente Korrelationsbeziehungen

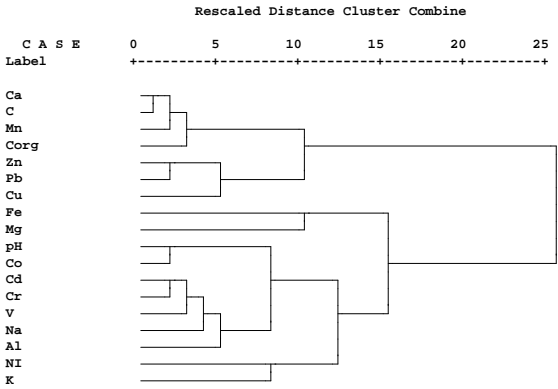


Abbildung 38: Vienenburg Acker: Clusteranalyse, obere Bodenhorizonte (Feinsandfraktion)

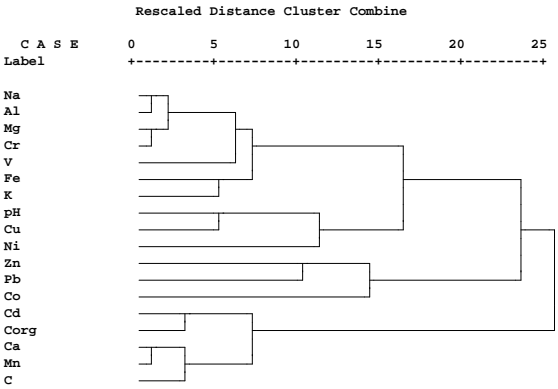


Abbildung 39: Vienenburg Acker: Clusteranalyse, obere Bodenhorizonte (Tonfraktion)

Vienenburg Acker					
Feinsandfraktion			Tonfraktion		
Faktor	Varianz [%]	Variablen	Faktor	Varianz [%]	Variablen
F 1	55	C _{carb} , -Ca, Co, -C _{org} , V, -Mn, pH, Cr, Cd	F 1	38	Mg, Al, Na, Cr, Fe, V, K, Co
F 2	17	Mg, -Cu, -Zn, Fe, Al, -Pb	F 2	29	V, C _{org} , C _{carb} , Mn, Cd, Ca, pH
F 3	13	Ni, K, Na	F 3	15	Zn, Ni, Cu, Pb
Σ F 1 - F 3	85		Σ F 1 - F 3	82	
Restvarianz	15		Restvarianz	18	

Tabelle 57: Vienenburg Acker: Faktorenanalyse (Feinsand- und Tonfraktion)

6.5.3.3 Untersuchungsgebiet Vienenburg Grünland — Feinsandfraktion

6.5.3.3.1 Statistische Analyse der Elementverteilung

Im Gegensatz zu Vienenburg Acker sind Zink, Blei und Kupfer mit Calcium sowie mit C_{org} positiv korreliert und zeigen zu Eisen und Mangan, als Vertreter der fayalitischen Gruppe, indifferente bzw. negative Korrelationsbeziehungen (Tab. 58). Die Cluster- und Faktorenanalyse (Abb. 40, Tab. 59) bestätigen diese Zusammenhänge. Für Cadmium, das mit den Erzmعادallen indifferent korreliert ist, aber positive Korrelationen zu Kobalt und Natrium zeigt, ist — im Gegensatz zu Vienenburg Acker — keine Aussage möglich.

6.5.3.4 Untersuchungsgebiet Vienenburg Grünland — Tonfraktion

6.5.3.4.1 Statistische Analyse der Elementverteilung

Anders als die Korrelationsanalyse, die für Zink, Cadmium und Kupfer keine potentiellen Bindungspartner nachzuweisen vermag und lediglich eine Bindung des Bleis an die Karbonate andeutet (Tab. 58), belegt die Clusteranalyse (Abb. 41) eine engständige Verknüpfung der Erzmعادallen untereinander sowie mit dem C_{org}-, Kohlenstoff-, Calciumcluster und damit eine Bindung der Erzmعادallen an die organische und karbonatische Komponente. Die Faktorenanalyse (Tab. 59) bestätigt diese Elementassoziationen. Die Bindungsmechanismen sind in Tabelle 61 zusammengefaßt.

Wie auch in der Feinsandfraktion verweisen die Korrelationsbeziehungen zwischen Aluminium, Eisen und Magnesium auf geogene Einträge (s.o.). Somit spiegelt sich im Untersuchungsgebiet Vienenburg Grünland ein enger Bezug zu den o.g. Liefergebieten wider.

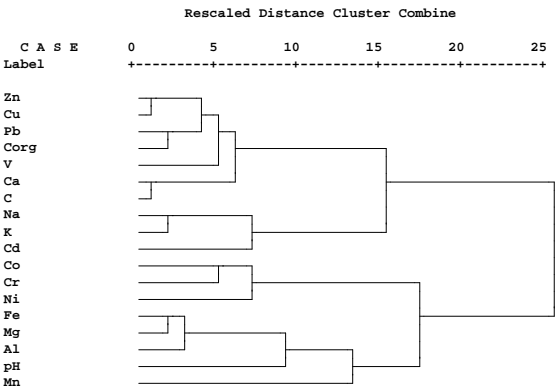


Abbildung 40: Vienenburg Grünland: Clusteranalyse, obere Bodenhorizonte (Feinsandfraktion)

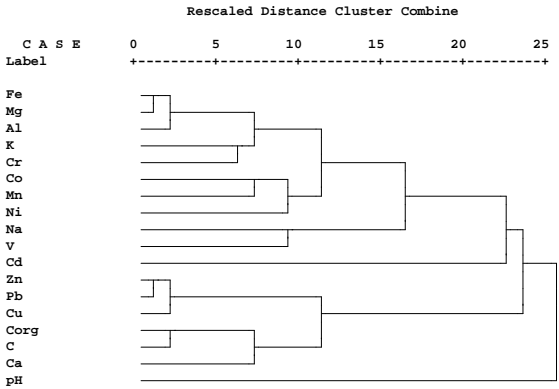


Abbildung 41: Vienenburg Grünland: Clusteranalyse, obere Bodenhorizonte (Tonfraktion)

	pH	Zn	Pb	Cu	Cd	Ni	Co	Fe	Mg	Ca	Mn	Na	Al	K	Cr	V	C _{org}	C
Tonfraktion																		
pH		–	o	o	o	o	o	o	o	o	–	o	o	o	o	o	o	o
Zn	o		+	++	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Pb	–	+		+	o	o	+	o	o	+	o	o	o	+	o	o	o	+
Cu	o	++	+		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Cd	o	o	o	o		o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Ni	o	–	o	o	o		+	+	+	o	o	o	o	+	o	+	o	o
Co	+	o	–	o	+	o		o	o	o	+	o	o	o	o	o	o	o
Fe	+	–	–	o	o	+	o		++	o	o	o	++	o	+	o	o	–
Mg	o	o	o	o	o	+	o	++		o	+	o	++	o	+	o	o	–
Ca	o	++	++	+	o	o	–	o	o		o	o	o	o	o	o	+	++
Mn	o	o	o	o	–	o	o	o	o	o		o	o	o	o	o	o	o
Na	o	o	o	o	+	+	+	o	+	o	–		o	+	o	+	o	o
Al	o	o	o	o	o	+	o	++	++	o	o	++		o	++	o	o	–
K	o	o	o	o	o	+	o	+	++	o	o	++	++		o	o	o	o
Cr	o	–	–	o	o	++	++	o	o	–	o	+	+	o		o	o	o
V	o	++	o	+	o	–	o	o	o	o	o	o	o	o	o		o	o
C _{org}	–	++	++	++	o	–	–	–	o	+	o	o	o	o	–	++		++
C	o	+	+	o	o	–	–	–	–	+	o	o	–	o	–	+	+	
Feinsandfraktion																		

Tabelle 58: Korrelationsanalyse Vienenburg Grünland, obere Bodenhorizonte (Ton- und Feinsandfraktion)
 ++: $1.0 > r > 0.7$, +: $0.7 > r > 0.5$, in Analogie: –, – für negative Koeffizienten; o: indifferente Korrelationsbeziehungen

Vienenburg Grünland					
Feinsandfraktion			Tonfraktion		
Faktor	Varianz [%]	Variablen	Faktor	Varianz [%]	Variablen
F 1	47	Ni, Ca, Pb, C _{carb} , C _{org} , Co	F 1	36	Al, K, Fe, Cr, Mg, C _{carb} , Na, V
F 2	22	Cr, Zn, V, Cu	F 2	27	C _{org} , Zn, Pb, Cu, Ca
F 3	16	Mg, Al, Fe, Mn	F 3	16	Mn, Co, pH, Ni, Cd
Σ F 1 - F 3	85		Σ F 1 - F 3	79	
Restvarianz	15		Restvarianz	21	

Tabelle 59: Vienenburg Grünland: Faktorenanalyse (Feinsand- und Tonfraktion)

6.5.3.5 Untersuchungsgebiet Vienenburg Wald — Feinsandfraktion

6.5.3.5.1 Statistische Analyse der Elementverteilung

Aus der Korrelationsmatrix (Tab. 60) sind nur wenige Zusammenhänge ablesbar. Von den Erzmatalen ist Cadmium positiv mit Calcium korreliert und daher eventuell an die karbonatische Phase gebunden. Weitere Schlüsse sind nicht erlaubt. Die Clusteranalyse bestätigt jedoch den Karbonateinfluß auf Cadmium (Abb. 42). Im Dendrogramm existiert für Cadmium ein engständiges Cluster mit Calcium; allerdings deutet sich auch eine Verbindung zwischen Blei und Calcium an. Dies legt die Annahme einer Bindung beider Erzmatalen an die karbonatische Phase nahe, was angesichts der Lage des Untersuchungsgebietes Vienenburg Wald im Bereich des Campanaufbruchs — als Lieferant für Karbonate — plausibel erscheint.

6.5.3.6 Untersuchungsgebiet Vienenburg Wald — Tonfraktion

6.5.3.6.1 Statistische Analyse der Elementverteilung

Einen domierenden Einfluß auf die Mobilität der Erzmetalle Blei, Kupfer und Cadmium übt — wie in Vienenburg Grünland — die organische Komponente aus. Weitere Bezüge lassen sich zu Vanadium und Chrom erkennen, die wiederum mit der organischen Komponente korreliert sind. Zink ist mit den genannten Elementen indifferent korreliert, zeigt jedoch Bezüge zum Calcium und unterliegt damit karbonatischen Einflüssen (Tab. 60). Weitere statistische Verfahren ließen sich aufgrund von Fehlwerten sowie der geringen Probenanzahl nicht durchführen.

	pH	Zn	Pb	Cu	Cd	Ni	Co	Fe	Mg	Ca	Mn	Na	Al	K	Cr	V	C _{org}	C
Tonfraktion																		
pH		o	--	--	o	-	o	++	o	++	++	o	o	--	--	-	o	o
Zn	o		o	o	o	--	+	o	o	+	o	--	o	-	o	o	--	++
Pb	o	+		++	+	+	o	--	o	--	--	o	-	++	++	++	+	o
Cu	o	+	o		+	o	o	o	--	o	--	o	o	+	++	++	++	-
Cd	o	o	+	o		+	o	o	o	o	o	o	-	o	+	++	++	-
Ni	++	o	-	o	o		o	o	o	-	o	o	-	+	+	o	o	+
Co	+	+	o	o	o	+		++	++	o	o	--	o	o	o	o	--	++
Fe	o	o	o	o	-	o	o		++	o	+	-	--	--	--	+	o	o
Mg	o	o	-	o	o	++	o	+		o	+	-	+	o	o	o	--	++
Ca	o	o	o	o	+	o	o	-	o		+	o	+	--	-	o	o	-
Mn	++	o	-	o	o	++	+	o	+	+		o	+	o	--	--	-	o
Na	o	o	o	o	+	o	o	o	o	++	o		o	o	o	o	++	-
Al	o	o	o	o	o	+	o	+	++	o	o	o		o	o	--	--	++
K	+	o	o	-	o	++	+	o	+	o	++	o	+		++	o	-	++
Cr	o	o	o	o	o	++	o	o	++	o	+	++	++	+		+	+	o
V	++	o	o	o	o	++	+	o	++	o	++	o	+	++	++		++	o
C _{org}	-	-	o	o	o	o	--	o	o	o	o	o	o	o	o	o		-
C	o	o	o	o	++	o	o	-	o	++	o	+	o	o	o	o	o	
Feinsandfraktion																		

Tabelle 60: Korrelationsanalyse Vienenburg Wald, obere Bodenhorizonte (Ton- und Feinsandfraktion)
++: 1.0 > r > 0.7, +: 0.7 > r > 0.5, in Analogie: --, - für negative Koeffizienten; o: indifferente Korrelationsbeziehungen

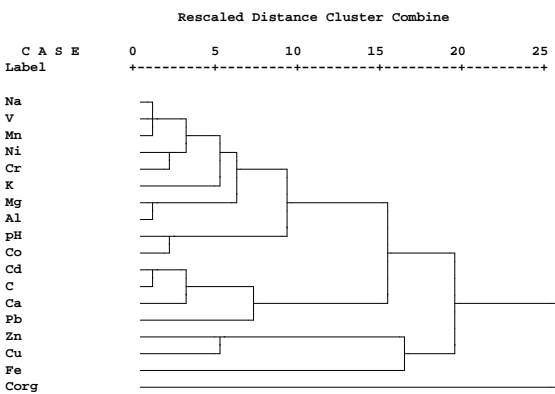


Abbildung 42: Vienenburg Wald: Clusteranalyse, obere Bodenhorizonte (Feinsandfraktion)

Standort Vienenburg — obere Bodenhorizonte -																		
Acker							Grünland						Wald					
Feinsandfraktion			Tonfraktion				Feinsandfraktion			Tonfraktion			Feinsandfraktion			Tonfraktion		
Pb	fa	org	/	/	/	/	org	org	karb	karb	org	org	/	/	karb	org	/	/
	/	/	/	/	/	/	/	karb	org	/	/	karb	/	/	karb	/	/	/
	/	(karb)	/	/	/	/	/	/	/	/	karb	/	/	/	(fa)	/	/	/
Cu	fa	org	/	/	/	/	org	org	karb	/	org	org	/	/	pH	org	/	/
	/	/	/	/	/	/	/	karb	org	/	/	karb	/	/	/	/	/	/
	/	(karb)	/	/	/	/	/	/	/	/	karb	/	/	/	(fa)	/	/	/
Zn	fa	org	/	/	/	/	org	org	karb	/	org	rg	/	/	pH	karb	/	/
	/	/	/	/	/	/	/	karb	org	/	/	karb	/	/	/	/	/	/
	/	(karb)	/	/	/	/	/	/	/	/	kar)	/	/	/	(fa)	/	/	/
Cd	vs	vs	/	org	org	/	/	/	/	/	/	/	karb	karb	karb	org	/	/
	/	/	/	karb	/	/	/	/	pH	/	/	/	/	/	/	(vs)	/	/
	/	/	/	fa	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	K	C	H	K	C	H	K	C	H	K	C	H	K	C	H	K	C	H

Tabelle 61: Übersicht über die Bindungsmechanismen am Standort Vienenburg.

fa = fayalitische Gruppe, karb = karbonatische Komponente, org = organische Komponente, pH = pH-Wert, vs = vulkanogene/sedimentäre Gruppe, K = Korrelationsanalyse, C = Clusteranalyse, H = Faktorenanalyse; Fettdruck = stark beeinflussend; Normal = beeinflussend: in Klammern = Einfluß andeutungsweise

6.5.4 Zusammenfassung der Ergebnisse der statistischen Analysen am Standort Vienenburg

Der Standort Vienenburg, an dem nur die oberen Bodenhorizonte beprobt werden konnten, unterscheidet sich von Heiningen im wesentlichen durch die primäre Abhängigkeit der Erzmehalle von der organischen und karbonatischen Komponente.

Die Elemente der fayalitischen Gruppe spielen eine nur untergeordnete Rolle, da im Einzugsgebiet der Ecker vergleichsweise geringe Bergbauaktivitäten stattfanden und Verhüttungsprozesse so gut wie nicht erfolgten. Nur in Vienenburg Acker konnten Einflüsse der fayalitischen Gruppe (Feinsandfraktion) nachgewiesen werden.

In Vienenburg Acker, Grünland und Wald sind die Einflüsse der organischen Komponente auf das Bindungsverhalten der Erzmehalle dominant, gefolgt von Karbonaten. Cadmium unterliegt Einflüssen der vulkanogenen/sedimentären Gruppe (Feinsandfraktion) und der organischen Komponente (Tonfraktion). Für Vienenburg Grünland sind keine gesicherten Aussagen über das Bindungsverhalten von Cadmium möglich. Als Liefergebiet für die Karbonate ist der Campanaufbruch im Bereich des Untersuchungsgebietes Vienenburg Wald anzusehen.

6.6 Phasenspezifische Schwermetall-Bindungsformen am Standort Heiningen

Eine Differenzierung von Schwermetallen nach ihrer Mobilität und ihrer Bindungsform ist aus Königswasser-aufschlüssen allein nicht möglich. Die Abschätzung von Gefährdungspotentialen und die Entwicklung von Umweltszenarien bedürfen daher weiterer Untersuchungen. Insbesondere spielt die Frage der Elementverteilung auf die einzelnen im Boden vorliegenden Mineralisationen (Karbonate, Oxide, Hydroxide) bzw. ihre Abhängigkeit von steuernden Faktoren (pH-Wert, C_{org}) eine zentrale Rolle. Mittels statistischer Methoden (s.o.) konnten für die einzelnen Elemente steuernde Faktoren bereits teufenspezifisch ermittelt werden.

Das Bindungsverhalten (Elementspezifikation) von Schwermetallen wird seit Jahren zunehmend mit Methoden der sequentiellen Elution geprüft. Das hier verwendete Verfahren wurde bereits in Kapitel 5.2.4.3 beschrieben. Da die Elutionsschritte durch eine „operative Definition“ vorgegeben sind, müssen zur Verifizierung die Elutionsergebnisse mit entsprechenden Korrelationsanalysen abgeglichen werden.

Dies wird im folgenden exemplarisch anhand der Feinsandfraktion demonstriert, die — im Gegensatz zur Tonfraktion —, zum einen unter dem Aspekt des Korngrößenspektrums die „besser definierte Fraktion“ repräsentiert und zum anderen durch Trockensiebung gewonnen wurde. Die Abtrennung der Tonfraktion erfolgte mittels Ammoniumhydroxid, was bereits als eine erste „Elutionsstufe“ angesehen werden kann. Die Ergebnisse für Zink, Blei, Kupfer, Vanadium, Eisen, Mangan, Aluminium und Chrom werden nachfolgend anhand der Profile Heiningen Acker, Heiningen Grünland und Heiningen Wald horizontweise vorgestellt. Die einzelnen Phasen der sequentiellen Elution sind durch römische Zahlen (I - VI) gekennzeichnet:

- I adsorbierte Phase
- II karbonatische Phase
- III leicht reduzierbare Phase
- IV weniger leicht reduzierbare Phase
- V organische und sulfidische Phase
- VI residuale Phase.

Zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit des gewählten Elutionsverfahrens, werden die Ergebnisse der einzelnen Elutionsschritte aufsummiert, mit den Schwermetallgesamtgehalten aus Königswasser-Aufschlüssen abgeglichen und als Wiederfindungsrate (in %) berechnet. (Anhang D.2).

Da beim Vergleich von sequentieller Elution und Königswasseraufschluß der Gesamtprobe nicht die Gesamtgehalte erfaßt werden, können relativ große Abweichungen auftreten. Obwohl dies bei der Zuordnung der Elementgehalte auf einzelne Bindungsparameter für Einzelproben keine Rolle spielt, werden im folgenden Proben und Elemente mit Abweichungen > 20 % nicht weiter in die Diskussion einbezogen. Dies trifft in vielen Fällen für Cadmium zu. Für Blei, Vanadium und Chrom wurden am Standort Heiningen aus der sequentiellen Elution zumeist Mehrbefunde in der Reihenfolge Chrom > Vanadium > Blei festgestellt; für Aluminium liegen dagegen Minderbefunde vor, während Zink, Kupfer, Eisen und Mangan keine einheitliche Tendenz anzeigen. Daher ist eine abgleichende Auswertung der Elutionsergebnisse bei verwendeten Standard-Aufschlußverfahren nur unter Vorbehalt möglich, wegen ihrer Bedeutung für die Verifizierung der Untersuchungen jedoch unerlässlich.

6.6.1 Untersuchungsgebiet Heiningen Acker

In den Abbildungen 43 bis 46 sind die Elementspeziationen im A_p - bzw. G_r -Horizont gegenüber gestellt. Die Speziationen der einzelnen Elemente sind dadurch charakterisiert, daß im A_p - und G_r -Horizont die weniger leicht reduzierbare Phase dominiert, wobei mit dem Wechsel zum reduzierenden Milieu sich die Bindungsanteile — je nach Element — in Richtung residualer Phase verschieben. Auffallend ist, daß sämtliche Elemente nicht oder nur in geringem Ausmaß an die organisch/sulfidische Phase gebunden sind. Diese Beobachtung ist auf Oxidationsprozesse zurückzuführen (Probentrocknung). Durch Oxidationsvorgänge ist eine elementspezifische Verschiebung

der Bindungsform in Richtung der weniger leicht reduzierbaren und leicht reduzierbaren Phase zu erwarten, was im Rahmen der nachfolgenden Einzelelementbetrachtung diskutiert wird.

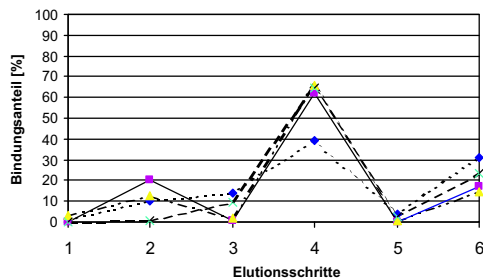


Abbildung 43: Heiningen Acker: Elementspeziation im A_p-Horizont

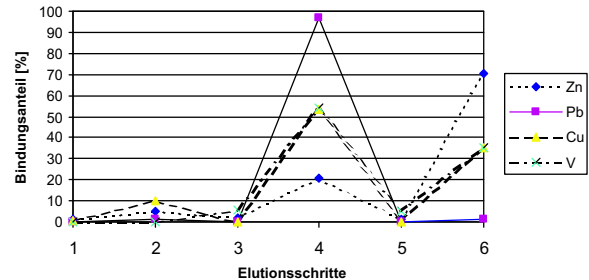


Abbildung 44: Heiningen Acker: Elementspeziation im G_r-Horizont

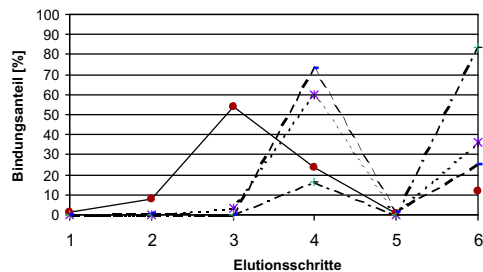


Abbildung 45: Heiningen Acker: Elementspeziation im A_p-Horizont

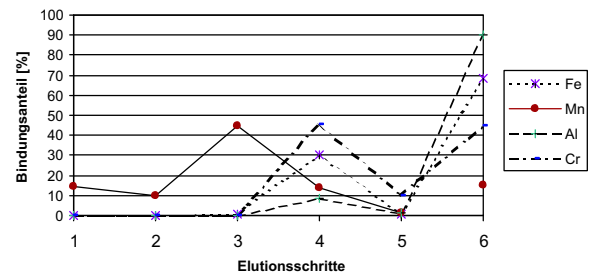


Abbildung 46: Heiningen Acker: Elementspeziation im G_r-Horizont

Zink (Abb. 47) ist in den drei oberen Bodenhorizonten (oxidierendes Milieu) zu durchschnittlich 40 % an die weniger leicht reduzierbare Phase (kristalline Fe- (und Mn-) Oxide) gebunden. Dieser Anteil verringert sich mit zunehmender Teufe (reduzierendes Milieu) auf 31 % (G_{or}-Horizont) bzw. 21 % (G_r-Horizont) zugunsten der residualen Phase, (46 % bzw. 70 %), die aber mit 20 % bis 32 % auch in den oberen drei Bodenhorizonten wirksam ist. Desweiteren übt in den oberen Bodenhorizonten die leicht reduzierbare Phase (amorphe Mn- (und Fe-) Oxide) einen Einfluß auf Zink aus.

Sowohl der Gehalt an mobilisierbarem Zink als auch der Gesamtzinkgehalt nehmen mit zunehmender Teufe ab. Da sich der Bindungsanteil von der mangan-oxidisch sowie der eisen-oxidisch gebundenen zugunsten der residualen Phase verschiebt, müssen die jungen Ablagerungen (obere Bodenhorizonte) der Intensivierung des Bergbaus der letzten 130 Jahre (Erschließung des „Neuen Lagers“, erhöhte Erzproduktion und verstärkter Austrag von Schlacken in das Harzvorland) zugeschrieben werden. Das Elutionsverfahren belegt, daß das mit den Schlacken assoziierte Zink (i.w.S. alle Erzmehalle) vergleichsweise leichter freigesetzt wird, als das in der Residualfraktion gebundene Zink der unteren Bodenhorizonte. In Verbindung mit der Korrelationsanalyse ist ebenfalls eine Bindung von Zink (Cadmium) an fayalitische Schlacken bzw. an deren Zerfallsprodukte (Fe-Oxide/Hydroxide) zu erkennen. Ferner ist ein geringer Zinkanteil ebenso wie Kupfer (s. u.) über die gesamte Teufe bzw. wie Blei in den oberen Bodenhorizonten an die karbonatische Phase gebunden (landwirtschaftliche Nutzung). Dieser Sachverhalt wird bei der Beschreibung des Bindungsverhaltens von Kupfer diskutiert (s. u.).

In den unteren Bodenhorizonten wird Zink — entsprechend der Korrelationsanalyse — von der organischen Komponente beeinflusst. Dieser Zusammenhang ist bei der sequentiellen Elution nicht mehr feststellbar. Grund sind Oxidationsvorgänge, die durch schwankende Grundwasserstände im G_{or} -Horizont hervorgerufen werden. Aber auch eine Änderung der Bindungsform durch das Aufbereiten der Proben im Labor ist gegebenenfalls zu berücksichtigen. So kann bei der Probentrocknung Zinksulfid zu Zinkkarbonat (Smithonit) umgewandelt werden. Aus diesem Grunde wird stets auf die Ergebnisse der Korrelationsanalyse zurückgegriffen. In der residualen Fraktion kann Zink in schwerlösliche Silikate eingebaut werden, wo es im Kristallgitter Magnesium und Eisen ersetzt. In belasteten Sedimenten ist nach LINDSAY (1979) die Bildung von Willemit (Zn_2SiO_4) möglich.

In den drei oberen Bodenhorizonten wird **Blei** (Abb. 48) ähnlich wie Zink gebunden. Seine Löslichkeit ist im oxidierenden Milieu zu über 90 % in der karbonatischen, in der weniger leicht reduzierbaren und in der residualen Phase konzentriert, wobei die weniger leicht reduzierbare Phase mit 62 % bis 69 % (kristalline Fe- und Mn-Oxide) den stärksten Einfluß besitzt. Im reduzierenden Milieu der beiden unteren Bodenhorizonte unterscheidet sich die Löslichkeit des Bleis von der des Zinks deutlich. Bei einer gleichzeitigen Abnahme der Gesamtbleigehalte wird die Bleimobilität zu 83 % bzw. 97 % von der weniger leicht reduzierbaren Phase (IV) dominiert, während Zink zu fast 70 % an die residuale Fraktion gebunden und so der vulkanogenen/sedimentären Gruppe zuzuordnen ist.

Ursache der bevorzugten Bindung von Blei an die IV. Phase bei gleichzeitig indifferenten Korrelationen zu Eisen, Mangan und Aluminium (obere Bodenhorizonte) muß eine eigenständige Bleimineralisation sein, da Eisen-Blei-Oxid-Mineralen in der Natur nicht auftreten und somit Blei als eigenständiges Oxid vorliegen muß. Dies stimmt mit DUES (1987) überein, nach dem im mäßig sauren bis schwach alkalischen Bereich 75 bis 85 % des Bleis in oxidischer Bindung, insbesondere in Form schlecht kristalliner Oxide vorliegen kann.

Gegenüber der Bindung an die IV. Phase sind die Bleianteile in den weiteren Phasen in allen Untersuchungsgebieten vernachlässigbar, was jedoch im Widerspruch zu den Befunden steht. So tritt beispielsweise im Untersuchungsgebiet Heiningen Grünland Bleiglanz auf. Auch in Heiningen Acker und Heiningen Wald, wo bleiglanzhaltige Pochsande vorkommen, muß Blei in sulfidischer Bindungsform vorliegen.

Wie VAN DER VEEN (2003) nachweist, sind die in der 6. Elutionsphase gemessenen Bleianteile als sulfidische Bleianteile zu interpretieren. Erhebliche Anteile dieser Phase finden sich somit in den hoch mit Blei belasteten oberen Bodenhorizonten.

Das dem Zink ähnliche Bindungsverhalten des Bleis in den oberen Bodenhorizonten mit Affinität zu den fayalitischen Schlacken und deren Zerfallsprodukten (Oxide bzw. Hydroxide), wird auch durch die Korrelationsanalyse bestätigt. Unklarer ist die Bleibindung innerhalb der unteren Bodenhorizonte, da Korrelationsanalyse und sequentielle Elution deutlich voneinander abweichen. Während letztere eindeutig auf die Fixierung des Bleis an schlecht kristalline Eisenverbindungen verweist, ist aus der Korrelationsanalyse ein Einfluß der organischen Komponente zu erkennen, was einem gemeinsamen Einfluß beider Bindungsformen auf Blei in den unteren Bodenhorizonten wahrscheinlich macht.

Im A_p -Horizont liegt **Kupfer** (Abb. 49) zu 66 % in der weniger leicht reduzierbaren Phase vor. Dieser Anteil verringert sich mit zunehmender Teufe auf 54 % (G_r -Horizont) zugunsten der residualen Phase, die von 15 % (A_p -Horizont) auf 36 % (G_r -Horizont) ansteigt. Darüber hinaus haben Karbonate zu 10 % bis 16 % Einfluß auf

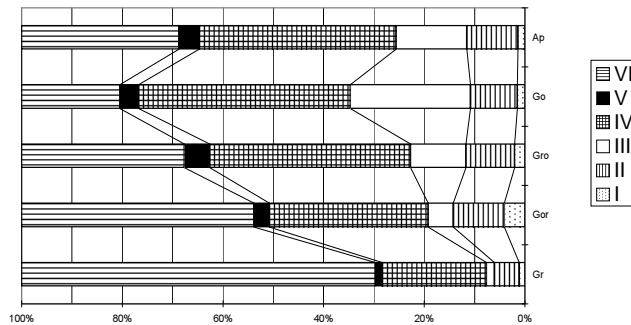


Abbildung 47: Heiningen Acker: phasenspezifische Bindungsformen von Zink

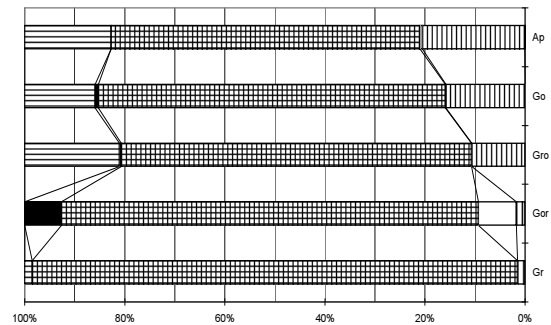


Abbildung 48: Heiningen Acker: phasenspezifische Bindungsformen von Blei

die Kupfermobilität, eine Beobachtung, die in abgeschwächter Form auch für Zink gilt. Für Blei ist ein Karbonateinfluß lediglich in den oberen Bodenhorizonten zu beobachten, was als Folge der regelmäßigen Aufkalkung im Untersuchungsgebiet Heiningen Acker zu verstehen ist.

Daß Kupfer wie Zink und Blei in den oberen Bodenhorizonten mit fayalitischen Schlacken und deren Zerfallsprodukten assoziiert ist, belegt auch die statistische Einzelementanalyse. In den unteren Bodenhorizonten bleiben diese Bindungsmechanismen zwar erhalten, unterliegen jedoch einem zunehmenden Einfluss der residualen Phase zu Ungunsten der weniger leicht reduzierbaren und der karbonatischen. Dies erlaubt den Rückschluß auf zunehmende silikatische Einflüsse auf die Kupferbindung unter reduzierenden Verhältnissen. Auch SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (1998) bestätigen für Unterbodenhorizonte, daß Kupfer zu 80 % an Oxide und zwar hauptsächlich an schlecht kristallisierte Fe-Oxide gebunden oder zu 40 % im Gitter von Silikaten enthalten sein kann.

Dies stimmt mit den Ergebnissen der Elution überein, während die Korrelationsanalyse eine Bindung an die organische Komponente anzeigt. Unter Einbeziehung der Cluster- und Faktorenanalyse muß neben der oxidischen-hydroxidischen auch die organische Bindung von Kupfer berücksichtigt werden. Diese bindet bei pH-Werten < 6 in der Regel den größten Anteil des Kupfers, während bei neutraler Bodenreaktion der oxidisch gebundene Anteil überwiegt. Dadurch ist die bevorzugte Bindung an die Elemente der fayalitischen Gruppe und deren Zerfallsprodukte in den oberen Bodenhorizonten (pH = 8,0) erklärbar. In den unteren Bodenhorizonten (pH = 6,5) macht sich bereits der Einfluß der organischen Substanz bemerkbar. Da jedoch auch die Oxide und Hydroxide und — untergeordnet Silikate (vulkanogene/sedimentäre Gruppe) — auf die Kupferfixierung einwirken, kann von einer Überlappung mehrerer Bindungsmechanismen ausgegangen werden.

Eisen (Abb. 50) ist in den vier oberen Bodenhorizonten zu 60 % bis 67 % in der weniger leicht reduzierbaren und zu 29 % bis 37 % in der residualen Phase enthalten. Im Gr-Horizont sind die Verhältnisse entgegengesetzt. Hier ist Eisen zu 68 % an die residuale Phase gebunden, während sein Anteil in der weniger leicht reduzierbaren Phase nur noch 30 % beträgt. In der leicht reduzierbaren Phase der oberen Bodenhorizonten liegt Eisen < 5 % vor, wobei in dieser Phase amorphe, schlecht kristalline Fe-Oxide und Hydroxide gelöst werden. Da sich eisenreiche fayalitische Schlacken als primäre Eisenquelle aufgrund ihrer Instabilität unter Bildung von insbesondere zunächst wenig kristallinen Fe-Hydroxiden (beispielsweise Ferrihydrit) zersetzen, müßten in der leicht reduzierbaren Phase höhere Eisenlöslichkeiten auftreten, als durch die Elution belegt werden konnte. Doch deutet der hohe Bindungsanteil von 60 bis 67 % Eisen in der weniger leicht reduzierbaren Phase auf einen Übergang der leichter löslichen Eisenoxihydrate in schwerer lösliche Eisenoxidverbindungen hin. Dies können Alterungsprozesse und Rekristal-

lisationen — Umwandlung von Ferrihydrit in Goethit und Goethit durch Rekristallisation in Hämatit (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1998) — bewirkt haben.

Während die Erzmehalle durch signifikante Konzentrationsrückgänge (Gesamt- und Elutionsgehalte) in den unteren Bodenhorizonte charakterisiert sind, ist die Tiefenkurve der Eisenkonzentrationen wesentlich ausgeglichener. Dennoch ist mit dem Übergang zum reduzierenden Milieu ein geringfügiger Konzentrationsrückgang (Gesamt- und Elutionsgehalte) verknüpft. Ein im G_{or} -Horizont auftretender hoher Bindungsanteil von 60% Eisen in der weniger leicht reduzierbaren Phase (IV. Phase) wirkt sich bevorzugt auf die Bindung der Erzmehalle aus.

In den oberen Bodenhorizonten ist Eisen mit den Erzmehallen, Magnesium und dem pH-Wert korreliert; dies zeigt den Einfluß fayalitischer Schlacken und deren Zerfallsprodukte auf das Bindungsverhalten der Erzmehalle. In den unteren Bodenhorizonten wird das Bindungsverhalten von Eisen verstärkt durch die residuale Fraktion gesteuert, wie die Korrelation von Eisen mit Vanadium belegt. Zusätzliche Einflüsse der fayalitischen Gruppe sind jedoch auch im Unterboden zu erkennen.

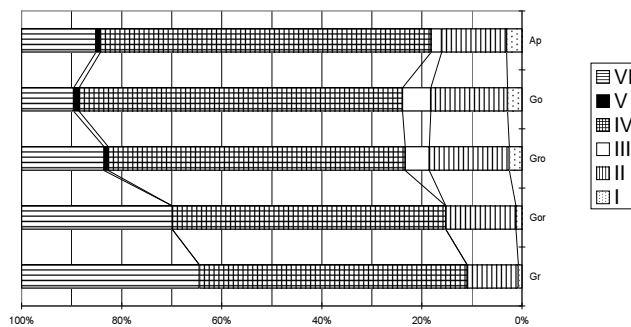


Abbildung 49: Heiningen Acker: phasenspezifische Bindungsformen von Kupfer

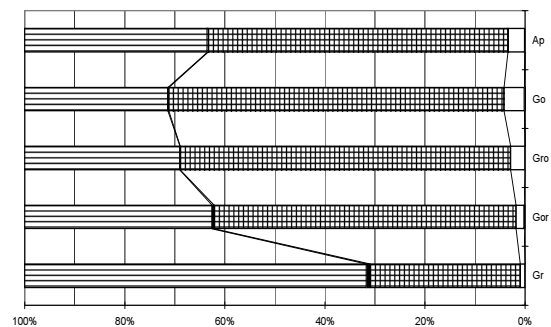


Abbildung 50: Heiningen Acker: phasenspezifische Bindungsformen von Eisen

Chrom (Abb. 52) wird zu 45 % bis 73 % an die weniger leicht reduzierbare Phase und zu 25 % und 52 % an die residuale Phase gebunden. Die übrigen Phasen können das Bindungsverhalten von Chrom weder im oxidierenden noch im reduzierendem Milieu beeinflussen. Die bevorzugte Bindungsform von Chrom in der weniger leicht reduzierbaren Phase erklären SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (1998) mit dessen dem Eisen ähnlichen Ionenradius, wodurch es gut in Eisen(III)-Oxide eingebaut werden könne. Dem widersprechen jedoch die statistischen Analysen, die nur indifferente Beziehungen zwischen Chrom zu Eisen anzeigen. Hochsignifikante Korrelationen mit Aluminium, die sowohl durch die Cluster- als auch die Faktorenanalyse bestätigt werden, zeigen, daß Chrom in den Böden einerseits an Al-Oxid-Hydroxid gebunden ist, andererseits aber als eigenständige Mineralisation (z.B. Al-Chromit, Spinellgruppe) vorliegt. Die hohen Bindungsanteile von Chrom in der residualen Phase sind überdies mit der vulkanogenen/sedimentären Gruppe vergesellschaftet.

Mangan (Abb. 51) ist zur Teufe ähnlich verteilt wie die Erzmehalle. In den tieferen Gleyhorizonten ist nur halb soviel Mangan enthalten wie in den höheren Bodenhorizonten, wobei die höchsten Gehalte im G_{ro} -Horizont auftreten. Dies dürfte auf einer mikrobiellen Reduktion der Manganoxide unter dem Einfluß des Grundwassers in den unteren Bodenhorizonte beruhen. Die Mn^{2+} -Ionen steigen mit dem aufsteigenden Porenwasserstrom bis zur Redoxgrenze auf, wo sie wieder oxidiert und angereichert werden und die Mangangehalte im G_{ro} -Horizont signifikant ansteigen.

Auch die Elutionsergebnisse belegen, daß Mangan zu 29 % bis 66 % in der leicht reduzierbaren Phase gebunden ist, wobei sich im oxidierenden Milieu (obere Bodenhorizonte) der Bindungsanteil von Mangan in der leicht reduzierbaren Phase auf zu 54 % bis 66 % beläuft.

Analog ist die Konzentrationsverteilung in der weniger leicht reduzierbaren Phase, allerdings liegen die gemessenen Mangangehalte mit 22 % bis 25 % in den oberen und mit 14 % bzw. 17 % in den unteren Bodenhorizonten z. T. deutlich unter denen der leicht reduzierbaren Phase. Diese Konzentrationsrückgänge im reduzierenden Milieu sind mit signifikanten Anstiegen in der adsorbierbaren (von durchschnittlich 1 % auf 18 % bzw. 15 %), karbonatischen (von 6 % auf 10 %) und residualen Phase (von 9 % auf 24 % im G_{or} - und 15 % im G_r -Horizont) verknüpft. Die beiden letzteren spielen mit Mangananteilen bis maximal 12 % auch in den drei oberen Horizonten eine, wenn auch nur geringe Rolle.

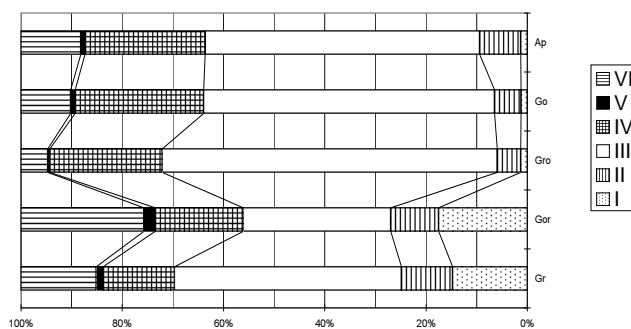


Abbildung 51: Heiningen Acker: phasenspezifische Bindungsformen von Mangan

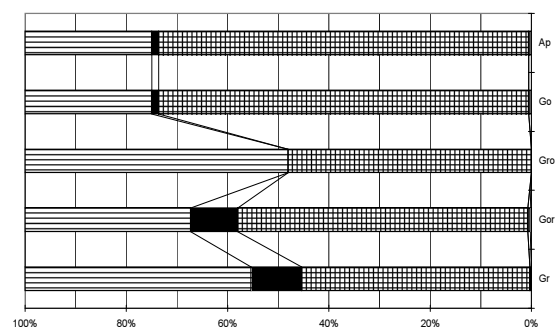


Abbildung 52: Heiningen Acker: phasenspezifische Bindungsformen von Chrom

Vanadium (Abb. 53) ist über das gesamte Bodenprofil zu 54 % bis 65 % relativ gleichmäßig an die weniger leicht reduzierbare Phase gebunden. Mit zunehmender Teufe, von 23 % auf 35 % ansteigend, beeinflusst auch die residuale Phase die Vanadiummobilität nicht unerheblich. Die leicht reduzierbaren und organisch/sulfidisch gebundenen Vanadiumanteile sind, mit Ausnahme im A_p -Horizont (leicht reduzierbare Phase zu 9 %) und im G_o -Horizont (organisch/sulfidische Phase zu 9 %), dagegen unbedeutend.

Die statistische Analyse belegt eine Bindung von Vanadium an die fayalitische und vulkanogene/sedimentäre Gruppe in allen Bodenhorizonten und bestätigt somit die Bindung von Vanadium an die weniger leicht reduzierbare und residuale Phase.

Vanadium wird bevorzugt in die Minerale der magmatischen Frühausscheidung wie Magnetit, Titanminerale und Chromit eingebaut. Wie Elution und Korrelation zeigen, ist Vanadium einerseits in Chromoxide eingebaut. Hier ist Vanadium aufgrund seines Ionenradius in Eisen(III)-Oxide inkludiert und somit der fayalitische Gruppe zuzuordnen. Andererseits liegt Vanadium in schwer lösbarer detritisch mineralischer Bindungsform (= residuale Phase) vor — Vanadium kann durch Austausch von Aluminium und Eisen in Hellglimmer eingebaut werden — und ist somit Bestandteil der vulkanogenen/sedimentären Gruppe.

Aluminium (Abb. 54) ist in beiden Profilen zu über 80 % in der residualen und noch mit durchschnittlich 8 % bis 17 % in der weniger leicht reduzierbaren Phase gebunden. Die übrigen Phasen verfügen nur über sehr geringe Einflüsse auf die Aluminiummobilität. Als stabile Mineralisationen sind Feldspäte, Glimmer und Chlorite zu nennen, die auch durch die bodenkundliche Kartierung belegt werden konnten (Anreicherungshorizonte für Glimmer). Die Korrelationsanalyse drückt dies durch die signifikanten Bezüge zwischen Aluminium, Magnesium und Nickel

(obere Bodenhorizonte) bzw. Kalium, Chrom und Vanadium (untere Bodenhorizonte) aus. Dies wird auch durch die sequentielle Elution bestätigt, da Aluminium zu 82 % bis 90 % in der residualen Fraktion gebunden ist, wobei in den oberen Bodenhorizonten Aluminium mit Glimmern assoziiert ist, in den unteren Bodenhorizonten dagegen bevorzugt mit Feldspäten und damit der vulkanogenen/sedimentären Gruppe zugeordnet werden kann.

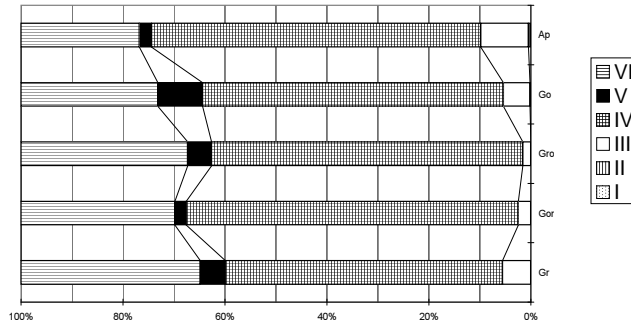


Abbildung 53: Heiningen Acker: phasenspezifische Bindungsformen von Vanadium

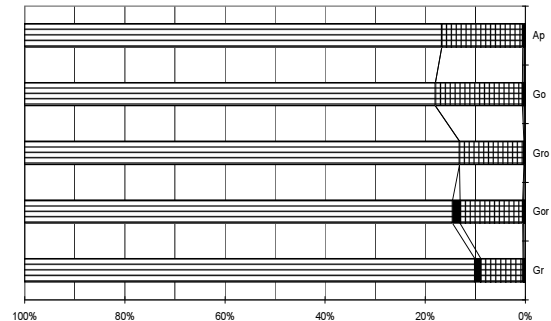


Abbildung 54: Heiningen Acker: phasenspezifische Bindungsformen von Aluminium

6.6.2 Untersuchungsgebiet Heiningen Grünland

Die Gegenüberstellung der Elementspeziation in den Abbildungen 55 bis 58 zeigt — wie auch in Heiningen Acker — eine Verschiebung der Elementspeziation mit zunehmender Tiefe zugunsten der Residualfraktion. Bei den Untersuchungsgebieten ist gemeinsam, daß sämtliche Elemente nicht oder nur in geringem Ausmaß an die organisch/sulfidische Phase gebunden sind. Unterschiede zeigen sich hingegen im Bindungsverhalten der Schwermetalle: in Heiningen Grünland steuert die leicht reduzierbare Phase mit einem Bindungsanteil von 33 % bis 40 % (Zink) und von 60 % bis 70 % (Mangan) die Schwermetallmobilität (obere Bodenhorizonte); demzufolge liegen in Heiningen Grünland labilere Bindungsformen als in Heiningen Acker vor. Dieser Unterschied ist durch den ständigen Bodenumbau des Ackerlandes (Pflügen) gegeben, wodurch die Oxidation zur weniger leicht reduzierbare Form begünstigt wird. Nachfolgend werden die Bindungsmechanismen für das Untersuchungsgebiet Heiningen Grünland diskutiert.

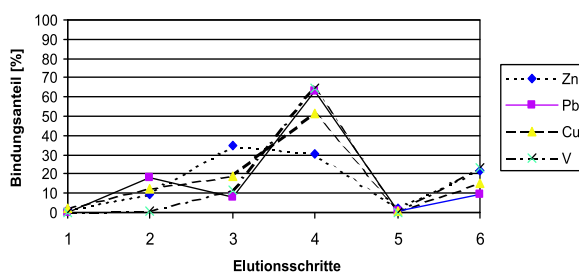


Abbildung 55: Heiningen Grünland: Elementspeziation im A_p -Horizont

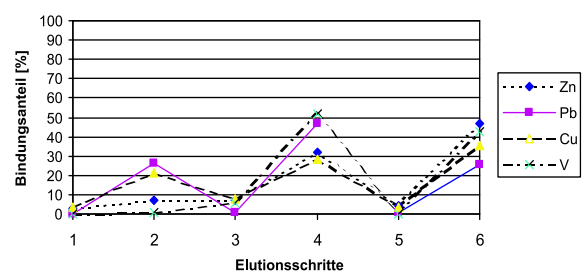


Abbildung 56: Heiningen Grünland: Elementspeziation im G_r -Horizont

Zink (Abb. 59) ist in den oberen vier Bodenhorizonten an die leicht reduzierbare (33 % bis 44 %), die weniger leicht reduzierbare (26 % bis 32 %) sowie an die karbonatische Phase (9 % bis 11 %) geknüpft. Der Bindungsanteil in der leicht reduzierbaren Phase (amorphe Mn- und Fe-Oxide) ist somit deutlich höher als im Untersuchungsgebiet Heiningen Acker, wo Zink in den drei oberen Bodenhorizonten nur mit 5 bis 22 % an die amorphen Mn- und Fe-Oxide gebunden ist.

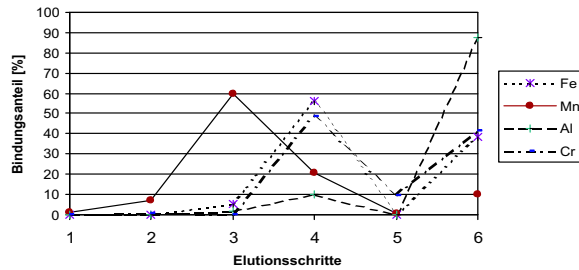


Abbildung 57: Heiningen Grünland: Elementspeziation im A_p-Horizont

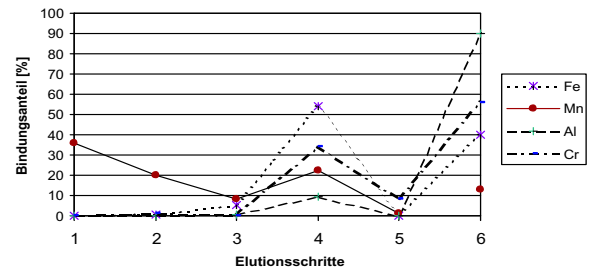


Abbildung 58: Heiningen Grünland: Elementspeziation im G_r-Horizont

Die leicht reduzierbare Phase verliert mit dem Übergang zum G_r-Horizont (reduzierendes Milieu) sehr stark an Einfluß. Demgegenüber bleiben die Bindungsanteile der weniger leicht reduzierbaren Phase mit 32 % konstant. Die höchsten Zinkgehalte (47 %) im reduzierenden Milieu liegen jedoch — wie auch in Heiningen Acker — in der residualen Phase vor und legen eine Zinkbindung an die vulkanogene sedimentäre Gruppe nahe.

Wie in Heiningen Acker nehmen die mobilisierbaren und die Gesamtzinkgehalte zur Tiefe ab, zeigen aber einen ausgeglichenen Konzentrationsverlauf. Signifikante Konzentrationssprünge mit dem Übergang zum reduzierenden Milieu fehlen. Dies ist auf einen vergleichsweise höheren Anteil an Schlackenbruchstücken, Hellglimmern und opakem Material in der Tiefe zurückzuführen, wie durch die bodenkundliche Kartierung und röntgenographische Auswertung belegt werden konnte. Grund könnten Alluvionen der Oker sein, die sich an Stellen reduzierter Strömungsgeschwindigkeit bildeten, meist gröberklastisches Material enthalten und zur Bildung einer — wenn auch kleinräumigen — Alluvialseife führen.

Der Statistik zufolge wird das Bindungsverhalten von Zink in den oberen Bodenhorizonten durch die residuale Gruppe und durch die organische sowie — untergeordnet — durch die karbonatische Komponente geregelt. Die Korrelationen mit Elementen der vulkanogenen/sedimentären Gruppe sind indifferent, was wiederum mit den Ergebnissen der sequentiellen Elution übereinstimmt, da Zink lediglich mit 15 bis 21 % an die residuale Phase gebunden ist. In den unteren Bodenhorizonten dagegen wird das Zink gleichermaßen von der organischen wie der vulkanogenen/sedimentären Gruppe (= residuale Phase) gebunden. Die Elemente der fayalitischen Gruppe (hier: schlecht kristalline Fe-Oxide) üben einen nur untergeordneten Einfluß aus.

Blei (Abb. 60) ist zu 46 % bis 67 % an die weniger leicht reduzierbare Phase gebunden. Während die adsorbierte und organisch/sulfidische Phase bedeutungslos sind, ist Blei noch zu 14 % bis 26 % in der karbonatischen, zu 1 % bis 19 % in der leicht reduzierbaren und zu 5 % bis 25 % in der residualen Phase nachweisbar, wobei der leicht reduzierbare Anteil im G_r-Horizont auf 1 % sinkt, der Anteil der residualen wie auch der karbonatischen Phase hingegen auf 25 % bzw. 26 % steigt.

Liegt Blei in Heiningen Acker mit > 62 % (obere Bodenhorizonte) und mit 82 bis 97 % (untere Bodenhorizonte) überwiegend in der weniger leicht reduzierbaren Phase vor, so wirken im Oberboden des Untersuchungsgebietes Heiningen Grünland zusätzlich die leicht reduzierbare (25 %), die residuale Phase (26 %) und die karbonatische Komponente mit 14 bis 26 % (nur obere Bodenhorizonte) auf Blei ein. Dies deutet auf einen hohen Wirkungsgrad der fayalitischen Gruppe in den oberen Bodenhorizonten hin, während Blei in den unteren Bodenhorizonten mit sämtlichen Parametern indifferent korreliert, was anhand der Korrelationsanalyse eindeutig nachvollziehbar ist.

Im Gegensatz zur karbonatischen Komponente (= II. Elutionsschritt) ist der Einfluß der organischen Komponente durch die Korrelationsanalyse, nicht jedoch durch die Elution nachweisbar. Aufgrund der Affinität von Blei zu organischem Kohlenstoff ist er aber sehr wahrscheinlich.

Da in der fluviatilen Seife Gangart und Haldenmaterial konzentriert vorliegen, ist die vergleichsweise labilere Bindungsform von Blei und auch der übrigen Schwermetalle — insbesondere in der karbonatischen und leicht reduzierbaren Phase — erklärbar. In den Röntgendiffraktogrammen konnten neben Karbonaten als weitere Gangart Baryt nachgewiesen werden (nur Heiningen Grünland).

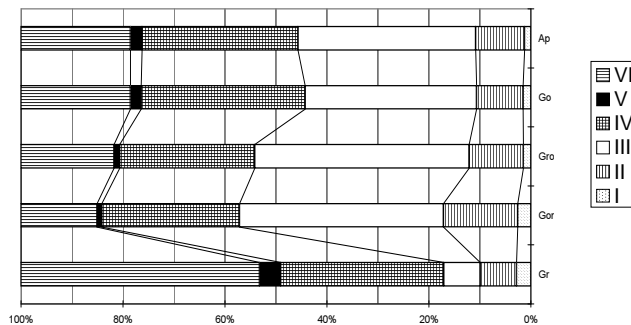


Abbildung 59: Heiningen Grünland: phasenspezifische Bindungsformen von Zink

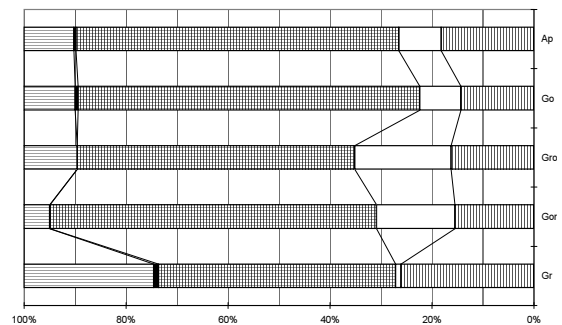


Abbildung 60: Heiningen Grünland: phasenspezifische Bindungsformen von Blei

Die oxidischen Bindungsformen der leicht reduzierbaren und der weniger leicht reduzierbaren Phase beeinflussen die **Kupfer**mobilität (Abb. 61) zu durchschnittlich 70 %. Während in den beiden oberen Bodenhorizonten die Kupfergehalte in der weniger leicht reduzierbaren Phase mit 52 bzw. 53 % überwiegen, nehmen ihre Anteile im G_{ro} - und G_{or} -Horizont auf 39 % bzw. 36 % ab. Im G_r -Horizont findet ein weiterer signifikanter Rückgang auf 8 % statt, während die Kupfergehalte der leicht reduzierbaren Phase nur geringfügig (auf 28 %) abnehmen. Mit durchschnittlich 27 % üben auch die karbonatische und die residuale Phase deutliche Einflüsse auf das Bindungsverhalten des Kupfers aus. Erstere gewinnt mit zunehmender Teufe und steigenden Bindungsanteilen von 12 % auf 21 % an Bedeutung, während Kupfer in den oberen vier Bodenhorizonten in der residualen Phase mit 12 % bis 15 % relativ ausgeglichen verteilt ist und nur zum G_r -Horizont sprunghaft auf 35 % ansteigt. Die Gesamt- und austauschbaren Kupfergehalte ähneln Blei und Zink, signifikante Konzentrationssprünge wie in Heiningen Acker fehlen.

Heiningen Grünland unterscheidet sich von Heiningen Acker, indem Kupfer mit 18 bis 30 % (obere Bodenhorizonte) an die amorphen Mn- und Fe-Oxide gebunden ist (Acker 2 bis 6 %). Hieraus läßt sich — wie auch für Zink und Blei — eine labilere Bindung in den oberen Bodenhorizonten und hieraus eine Bindung an die Elemente der fayalitischen Gruppe ableiten. Vermutlich sind bei Heiningen Acker durch die ständige Bewirtschaftung die labileren Bindungsformen abgebaut bzw. weiter aufoxidiert, d.h. stabilisiert. Im G_r -Horizont beider Untersuchungsgebiete ist der Einfluß der residualen Phase mit 35 % identisch. Hier spielen zunehmende silikatische Einflüsse auf die Kupferbindung unter reduzierenden Verhältnissen eine wichtige Rolle, da Kupfer anstelle von Magnesium und Eisen in Silikate eingebaut werden kann.

Durch hochsignifikante Korrelationen von Kupfer mit Eisen, Mangan, Magnesium und Calcium bestätigt die Korrelationsanalyse — aber auch die Cluster- und Faktorenanalyse — die Zuordnung von Kupfer an die fayalitische Gruppe sowie den Einfluß der karbonatischen Komponente. Die hochsignifikante Korrelation von Kupfer — wie auch von Zink und Blei — zur organischen Komponente konnte durch die sequentielle Elution nicht nachgewie-

sen werden, ist aber aufgrund der Affinität von Kupfer zu organisch Kohlenstoff wahrscheinlich. In den unteren Bodenhorizonten korreliert Kupfer mit Eisen, Calcium, Mangan, Nickel, Natrium und Chrom. Dies kann unter Berücksichtigung der Elution auf einen Einfluß der vulkanogenen/sedimentären Gruppe zurück geführt werden, zumal im G_r-Horizont ein Kupferanteil von 35 % in silikatischer Form vorliegt.

Die residuale und die weniger leicht reduzierbare Phase sind die Hauptbindungsformen für **Eisen** (Abb. 62). In der ersteren variieren die Eisengehalte zwischen 38 % im A_p- und 60 % im G_o-Horizont, in der weniger leicht reduzierbaren Phase zwischen 32 % und 56 %. Ferner liegt Eisen mit maximal 12 % in der leicht reduzierbaren Phase vor und unterscheidet sich dadurch von Heiningen Acker (Phase III = 1 bis 4 %), während die übrigen Bindungsformen in beiden Untersuchungsgebieten keinen Einfluß ausüben. Dadurch kann die Elution das bisherige geochemische Verteilungsmuster bestätigen und zeigt, daß Eisen in Heiningen Grünland vergleichsweise labiler als in Heiningen Acker gebunden ist.

Die Tiefenkurve des Eisens zeichnet sich durch einen Rückgang der Gesamtkonzentrationen bis in den G_{or}-Horizont aus, eine sprunghafte Zunahme der Fe-Konzentrationen charakterisiert den G_r-Horizont (max. Fe-Gehalte). Die austauschbaren Fe-Konzentrationen korrespondieren dabei gut mit den Gesamtgehalten.

Auf Eisenkarbonate (Gangart) als mögliche Quelle einer höheren Eisenmobilität weisen die statistischen Untersuchungen hin: Eisen korreliert in den oberen und unteren Bodenhorizonten mit Calcium, was in Heiningen Acker nicht der Fall ist. Außerdem korreliert Eisen in den unteren Bodenhorizonten positiv mit dem pH-Wert, wobei Eisen- und Mangankarbonate in diesem pH-Bereich als stabile Bindungen vorliegen. Die bevorzugte Bindung an die weniger leicht reduzierbare Phase wird durch die Korrelationsanalyse — Bindung von Eisen an die Elemente der fayalitischen Gruppe — in Heiningen Grünland bestätigt.

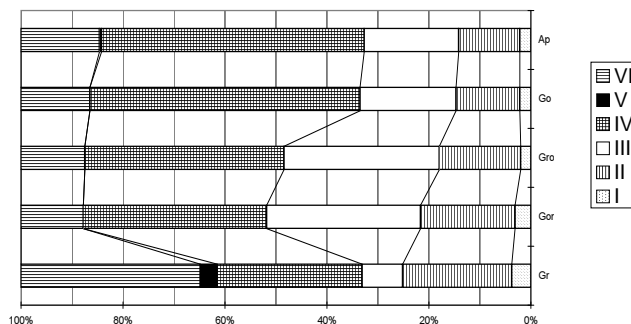


Abbildung 61: Heiningen Grünland: phasenspezifische Bindungsformen von Kupfer

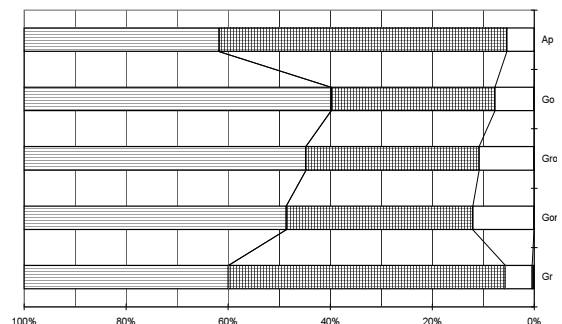


Abbildung 62: Heiningen Grünland: phasenspezifische Bindungsformen von Eisen

In den oberen vier Bodenhorizonten ist **Mangan** (Abb. 63) zu über 85 % in der leicht reduzierbaren und in der weniger leicht reduzierbaren Phase gebunden, wobei erstere mit 60 % bis 75 % wirksam ist. Im G_r-Horizont nehmen die Mangangehalte in der 3. Phase von 75 % auf 8 % zugunsten einer starken Zunahme von 1 % auf 36 % in der adsorbierbaren Phase signifikant ab.

In Heiningen Grünland ist Mangan zu einem höheren prozentualen Anteil (bis 75 %) als in Heiningen Acker (29 bis 66 %) an die amorphen Eisen-Mangan-Oxide gebunden. Bemerkenswert ist der hohe Bindungsanteil von 35 % Mangan in der adsorbierbaren Phase im G_r-Horizont (Heiningen Acker = 15 %). Das Tiefenprofil von Mangan (austauschbare Mn-Gehalte) läßt — wie im Falle des Zinks, Kupfers, Bleis und Eisens — labilere Bindungsformen erkennen, als dies in Heiningen Acker der Fall ist. Insbesondere in den unteren Bodenhorizonten korreliert

Mangan mit Calcium, wobei Eisen- und Mangankarbonate in diesem pH-Bereich als stabile Bindungen vorliegen. Die Korrelationen mit den Elementen der fayalitischen Gruppe belegen desweiteren die Bindung von Mangan an Schlacken und deren Zerfallsprodukte.

Die **Chromanteile** (Abb. 64) sind im A_p -Horizont zu 49 % an die weniger leicht reduzierbare und zu 42 % an die residuale Phase gebunden. Einer deutlichen Zunahme der Bindungsanteile in der residualen Phase auf 60 % im G_o -Horizont stehen Konzentrationsrückgänge in der weniger leicht reduzierbaren und in der organisch/sulfidischen Phase gegenüber. Mit dem Wechsel zum reduzierenden Milieu entfallen durchschnittlich 32 % der Chromanteile auf die weniger reduzierbare und 55 % auf die residuale Phase.

Im Gegensatz zu Heiningen Acker, wird Chrom in Heiningen Grünland in allen Bodenhorizonten auch von der organischen Phase beeinflusst. In den unteren Bodenhorizonten zeigt Chrom Bindungen zu den Erzmعادallen Zink, Blei, Kupfer und zu Magnesium. Während die Korrelation mit Magnesium auf den hier häufig auftretenden Glimmerlagen beruht und die Zugehörigkeit von Chrom zur vulkanogenen/sedimentären Gruppe bestätigt, sind die Korrelationen mit den Erzmعادallen Ausdruck einer gemeinsamen Mineralphase. Da Chrom einen ähnlichen Ionenradius wie Kupfer und Zink hat, ist dies nicht ungewöhnlich, zumal Statistik und Elution eine Bindung der Erzmعادalle an Eisenoxide belegen. Aber auch das Verhältnis von Chrom zu Eisen erklärt sich, da Chrom aufgrund seines ähnlichen Ionenradius als Gitterbaustein in Fe^{3+} -Oxide eingebaut wird. Die Affinität zu C_{org} läßt ferner eine Bindung an die organische Komponente erwarten, was durch die Elution (V. Schritt) nicht sichtbar wird. Es ist davon auszugehen, daß ein Teil der an organischen Substanzen sorbierten Chromanteile von Oxalsäure und Ammoniumoxalat bereits vorher mit extrahiert wird CALMANO (1989).

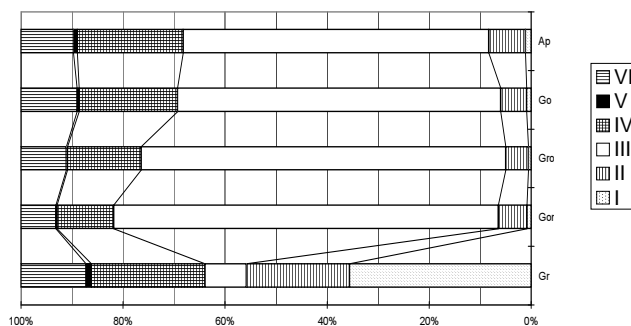


Abbildung 63: Heiningen Grünland: phasenspezifische Bindungsformen von Mangan

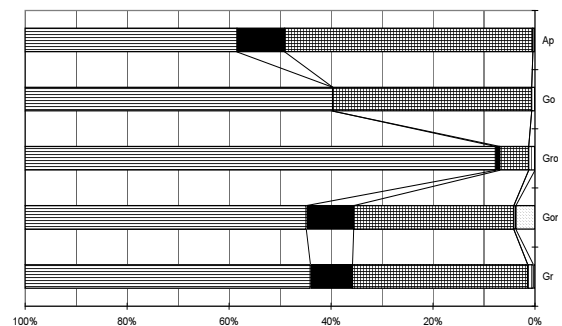


Abbildung 64: Heiningen Grünland: phasenspezifische Bindungsformen von Chrom

Vanadium (Abb. 65) liegt hauptsächlich in oxidischer Form vor. In den oberen drei Bodenhorizonten sind 10 % bis 15 % an die leicht reduzierbare Phase (amorphe Oxide) und 39 % bis 65 % an die weniger leicht reduzierbare Phase (kristalline Oxide) gebunden. Ist erstere in den unteren beiden Bodenhorizonten nur noch unbedeutend, bleiben die in der weniger leicht reduzierbaren Phase nachweisbaren Vanadiumkonzentrationen so gut wie unverändert. Ein hoher Vanadiumanteil (24 % bis 45 %) ist an die residuale Phase gebunden. Die Korrelationsanalyse bestätigt in den oberen Bodenhorizonten die Bindung an die residuale Phase. Allerdings können die statistischen Analysen die Bindung von Vanadium an fayalitische Schlacken und C_{org} , wie es die Elution für die oberen Bodenhorizonte nahelegt, nicht bestätigen.

Nach den Ergebnissen von Elution- und Korrelation liegt Vanadium in Heiningen Grünland (untere Bodenhorizonte) sowohl in unlösbarer detritisch mineralischer (= residuale Phase) als auch in schlecht kristalliner Bindungsform

vor und ist somit Bestandteil der vulkanogenen/sedimentären bzw. der fayalitischen Gruppe. Hieraus läßt sich schließen, daß Vanadium und die Erzmatalle als gemeinsame Mineralisationsphase an fayalitische Schlacken und deren Zerfallsprodukte gebunden sind. Wie auch in den oberen Bodenhorizonten ist der korrelative Zusammenhang zwischen Vanadium und C_{org} durch die Elution nicht nachvollziehbar.

Aluminium (Abb. 66) verhält sich in Heiningen Grünland ähnlich wie in Heiningen Acker, mit dem Unterschied, daß in den oberen beiden Bodenhorizonten der Anteil in der weniger leicht reduzierbaren Phase 22 % (Heiningen Grünland), in Heiningen Acker 17 % beträgt. In den unteren Bodenhorizonten steigen die Aluminiumanteile in der residualen Phase auf über 85 % an. Wie auch in Heiningen Acker verweist dies auf eine bevorzugte Bindung an Feldspäte, Glimmer und Chlorite, die schwer löslich sind und letztendlich die residuale Phase dominieren. Im Gegensatz zu Heiningen Acker ist Aluminium in den unteren Bodenhorizonten bevorzugt an Glimmer gebunden (Al-Mg-Korrelation).

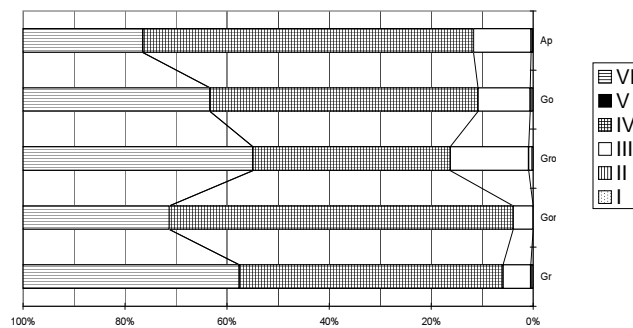


Abbildung 65: Heiningen Grünland: phasenspezifische Bindungsformen von Vanadium

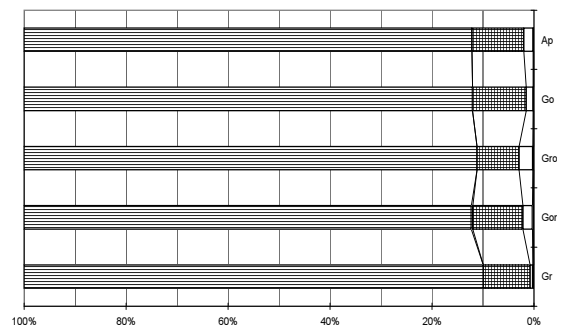


Abbildung 66: Heiningen Grünland: phasenspezifische Bindungsformen von Aluminium

6.6.3 Untersuchungsgebiet Heiningen Wald

Die Gegenüberstellung der Elementspeziationen in den Abbildungen 67 bis 70 im Untersuchungsgebiet Heiningen Wald zeigen ein ähnliches Bild wie in Heiningen Acker. Sie verschieben sich mit zunehmender Teufe zugunsten der residualen Fraktion, die Bindungsanteile in der organisch/sulfidischen Phase sind äußerst gering. Heiningen Grünland unterscheidet sich von Heiningen Wald durch vergleichsweise labilere Bleibindungsformen.

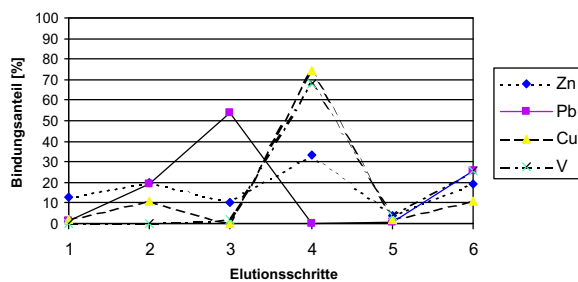


Abbildung 67: Heiningen Wald: Elementspeziation im A_h-Horizont

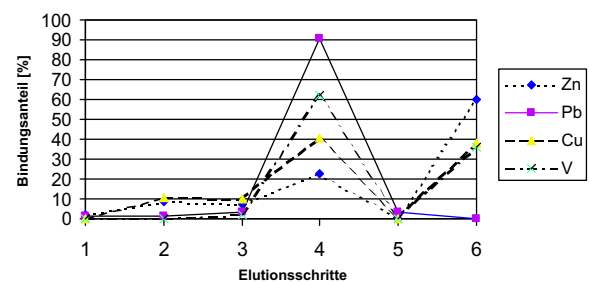


Abbildung 68: Heiningen Wald: Elementspeziation im G_r-Horizont

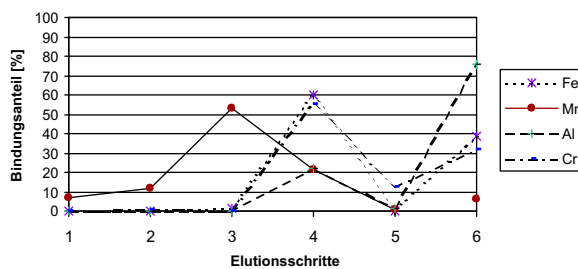


Abbildung 69: Heiningen Wald: Elementspeziation im A_h-Horizont

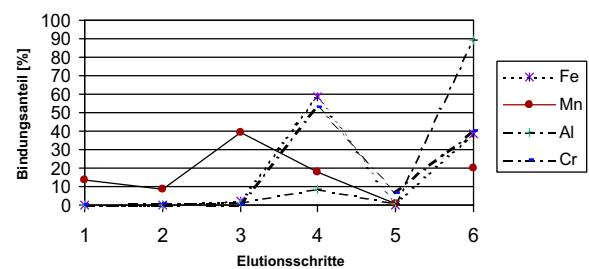


Abbildung 70: Heiningen Wald: Elementspeziation im G_r-Horizont

Zink (Abb. 71) ist im Profil Heiningen Wald zu durchschnittlich 22 % an die weniger leicht reduzierbare Phase gebunden, untergeordnet an die adsorbierte (7 % bis 13 %), karbonatische (16 % bis 25 %) sowie an die residuale Phase (19 % bis 37 %). Die übrigen Phasen zeigen nur geringe Einflüsse. In den unteren beiden Bodenhorizonten ist die residuale Bindung mit 53 % bis 60 % eindeutig, aber auch die weniger leicht reduzierbare Phase ist mit einem Anteil von jeweils 23 % im G_{or}- bzw. G_r-Horizont noch stark vertreten. Dieses geochemische Verteilungsmuster ähnelt dem von Heiningen Acker, weicht jedoch von den in Heiningen Grünland herrschenden labileren Bindungsformen deutlich ab.

Die Zinkverteilung ist in Heiningen Wald — wie auch in den anderen Untersuchungsgebieten — einerseits auf die Sedimentationsgeschichte der Okeraue (insbesondere der verstärkte Schlackeneintrag der letzten 150 Jahre in die oberen Bodenhorizonte) zurückzuführen, andererseits liegt in den unteren Bodenhorizonten eine Bindung an die residuale Phase vor: Zink kann hier in schwerlösliche Silikate eingebaut werden. Der durch die Korrelationsanalyse nachgewiesene Bezug von Zink zu C_{org}, konnte durch die Elution nicht bestätigt werden. Möglicherweise ändert sich bei der Probentrocknung die Bindungsform. Zink ist ebenso wie Blei und Kupfer von Calcium abhängig (Zn-Ca-Korrelation). Dieser Sachverhalt wird im Falle des Kupfers exemplarisch diskutiert (s. u.).

Mit Ausnahme des A_h -Horizontes ist **Blei** (Abb. 72) zu 69 % bis 90 % in der weniger leicht reduzierbaren Phase konzentriert. Der karbonatisch vorliegende Anteil beträgt in den oberen drei Bodenhorizonten zwischen 8 % und 19 %, ist in den unteren Bodenhorizonten jedoch vernachlässigbar. In der residualen Phase ist Blei ähnlich verteilt: Im A_h - und G_o -Horizont liegen Anteile von 25 % bzw. 23 % vor, in den unteren Bodenhorizonten ist die residuale Phase wirkungslos.

Die Tiefenprofile in Heiningen Acker und Heiningen Wald sind für Blei nahezu identisch. Heiningen Grünland unterscheidet sich durch vergleichsweise labilere Bleibindungsformen.

Das von Heiningen Grünland abweichende Bindungsverhalten von Blei im A_h -Horizont des Untersuchungsgebietes Heiningen Wald ist auf die Kalkung der benachbarten Äcker und dem damit verbundenen Eintrag von Kalkstäuben (nordwestlicher Randbereich) sowie der regelmäßigen Aufkalkung des sauren Waldbodens zurückzuführen. Die Aufkalkung trägt zum einen zu einer pH-Erhöhung bei, zum anderen ist sie für die Fixierung von Blei als Bleikarbonat verantwortlich.

In den unteren Bodenhorizonten korreliert Blei nur indifferent mit der fayalitischen Gruppe, was im Widerspruch zu den Elutionsergebnissen steht (Bindung zu 84 bzw. 94 % an Phase IV). Blei muß also als eigenständige Mineralisation im Untersuchungsgebiet vorliegen. Wie bereits in Kapitel 6.1.2.4 diskutiert, konnten zumindest in Heiningen Grünland Pochsande nachgewiesen werden. Möglicherweise wurde der sulfidische Bleianteil bei der Probenaufbereitung durch Oxidationsprozesse in die IV. Phase überführt. Wie auch in Heiningen Acker trägt die organische Komponente zur Bleifixierung in den unteren Bodenhorizonten bei. Desweiteren belegen positive Korrelationen von Blei mit Aluminium und Calcium Einflüsse der vulkanogenen/sedimentären Gruppe und der karbonatischen Komponente.

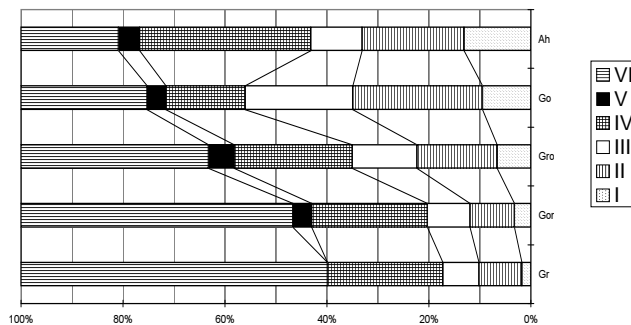


Abbildung 71: Heiningen Wald: phasenspezifische Bindungsformen von Zink

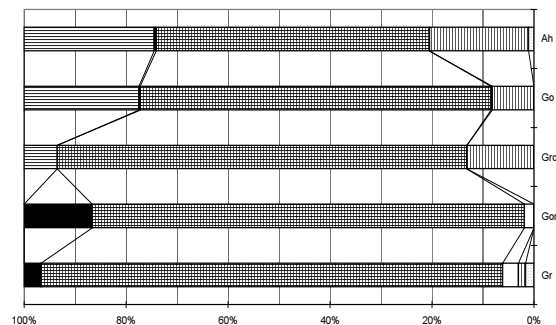


Abbildung 72: Heiningen Wald: phasenspezifische Bindungsformen von Blei

Kupfer (Abb. 73) ist in den oberen drei Bodenhorizonten zu 68 % bis 75 % an die weniger leicht reduzierbaren Phase gebunden. Auch die karbonatische (11 % bis 16 %) und die residuale Phase (10 % bis 12 %) sind nachweislich wirksam; während die adsorbierbaren, leicht reduzierbaren und organisch/sulfidischen Anteile unbedeutend sind. Mit dem Wechsel zum reduzierenden Milieu der tieferen Bodenhorizonte steigen die relativen Kupfergehalte in der residualen Phase auf 33 % bzw. 38 % an. Gleichzeitig kommt es zu einem Konzentrationsrückgang auf 46 % bzw. 41 % in der weniger leicht reduzierbaren Phase. Die relativen Kupfergehalte der karbonatischen und leicht reduzierbaren Phase liegen im G_{or} - und im G_r -Horizont jeweils bei 10 %, wobei der Konzentrationsanstieg in der leicht reduzierbaren Phase (von 1 % auf 10 %) bemerkenswert ist.

Im Vergleich der Untersuchungsgebiete ist Kupfer in Heiningen Wald in allen Bodenhorizonten sehr viel fester als in Heiningen Grünland gebunden. Demgegenüber sind die austauschbaren Kupfergehalte in den oberen Bodenhorizonten (Heiningen Acker und Heiningen Wald) annähernd gleich.

Allen Untersuchungsgebieten ist jedoch die bevorzugte Bindung von Kupfer an die weniger leicht reduzierbare Phase gemeinsam. Daneben spielt in den unteren Bodenhorizonten (Heiningen Acker und Wald) die residuale Phase die entscheidende Rolle, die sich in Heiningen Grünland zugunsten der leicht reduzierbaren Phase verschiebt.

Im Anstieg des Bindungsanteils in der residualen Phase im reduzierenden Milieu manifestiert sich der zurückweichende Einfluß der fayalitischen Gruppe zugunsten der vulkanogenen/sedimentären Gruppe. Der in den oberen Bodenhorizonten nachweisbare karbonatische Einfluß paust sich bis in die unteren Bodenhorizonte durch. Deshalb sind 10 % austauschbares Kupfer an die karbonatische Phase im G_{or} - und G_r -Horizont fixiert. Als Transportmechanismen fungieren verstärkt organische Stoffe, die nach einer Kalkung die Schwermetalle zu komplexieren vermögen, in Lösung gehen und daher die Schwermetalle in tiefere Bereiche verlagern können (GÖTTLEIN & PRUSCHA 1991). Die Bindungsanteile von jeweils 10 % an die amorphen Fe-Mn-Oxide bzw. Hydroxide und bis zu 41 % an schlecht kristalline Fe-Mn-Oxide in Heiningen Wald sind auf die Bindung von Kupfer an die fayalitische Gruppe zurückzuführen.

Demgegenüber stehen allerdings die Ergebnisse der statistischen Analyse. Während für die oberen Bodenhorizonte die Ergebnisse der Korrelationsanalyse und Elution übereinstimmen, zeigt sich für die unteren Bodenhorizonte, daß zwar Korrelation und Elution hinsichtlich der residualen Phase, d.h. einer Bindung von Kupfer an die vulkanogenen/sedimentären Elemente übereinstimmen, was, unter Berücksichtigung der Sedimentationsgeschichte, auch plausibel erscheint, die nachgewiesene Bindung von Kupfer an die III. und IV. Phase konnte jedoch — wie auch in Heiningen Acker — durch die statistische Analyse nicht nachvollzogen werden.

Wie Zink und Blei korreliert auch Kupfer positiv mit Calcium und organischem Kohlenstoff. Dies unterstreicht die o.g. Verlagerung von Erzmatalen in tiefere Bodenhorizonte und erklärt die hochsignifikante Korrelation der Erzmatalle mit dem organischen Kohlenstoff. Neben einer bevorzugten Bindung dieser drei Erzmatalle an die organische und karbonatische Komponente sind sie auch an die vulkanogene/sedimentäre Gruppe gebunden.

Dominierende Bindungsformen für **Eisen** (Abb. 74) sind die weniger leicht reduzierbare (48 % bis 60 %) und, mit geringeren Anteilen (zwischen 38 % und 50 %), die residuale Phase. Die leicht reduzierbare Phase ist mit Eisengehalten unter 5 % relativ bedeutungslos, die übrigen Phasen enthalten so gut wie keine Eisenverbindungen. In Heiningen Grünland ist ein vergleichsweise höherer Eisenanteil an die amorphen Eisen- und Mangan Oxide bzw. Hydroxide gebunden, was — wie auch bei den Erzmatalen — auf eine labilere Bindungsform des Eisens verweist.

Im Vergleich der Untersuchungsgebiete ist Heiningen Wald durch die höchsten Eisengesamtgehalte charakterisiert (Ausnahme: G_{or} -Horizont). Besonders hohe Eisenkonzentrationen von 53000 ppm treten im G_r -Horizont (Heiningen Acker = 31000 ppm; Heiningen Grünland = 29000 ppm) auf. Ebenfalls hoch sind die eluierbaren Eisengehalte. Die vergleichsweise hohen Eisenkonzentrationen im G_r -Horizont sind möglicherweise Ergebnis einer Verlagerung von eisenorganischen Komplexen aus den oberen Bodenhorizonten, wobei Eisen im reduzierenden Milieu als Sulfid, beispielsweise als dispers verteilter Markasit, im Sediment festgelegt wird.

Statistik und Elution bestätigen in allen Bodenhorizonten eine Eisenbindung in der Residualfraktion, d.h. eine Fixierung an die vulkanogene/sedimentäre Gruppe. Die durch die Elution nachgewiesene dominante Bindung von Eisen an die schlecht kristallinen Eisen- und Manganoxide bzw. -hydroxide wird durch die Korrelationsanalyse nur für die unteren Bodenhorizonte — durch die zusätzliche Korrelation von Eisen mit Mangan — bestätigt. An dieser Stelle sei angemerkt, daß Magnesium, das mit Eisen über alle Bodenhorizonte korreliert ist, sowohl als Bestandteil von fayalitischen Schlacken auftritt als auch — wie in diesem Falle — auf einen Eintrag der Warne zurückgeführt werden kann.

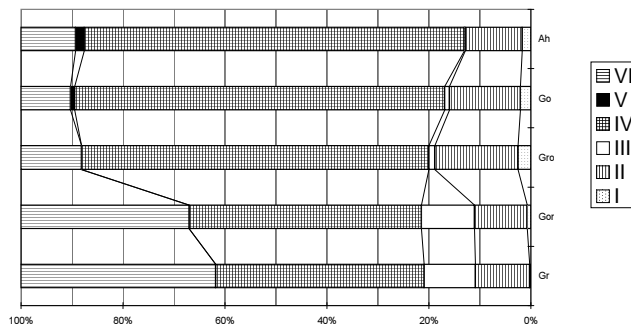


Abbildung 73: Heiningen Wald: phasenspezifische Bindungsformen von Kupfer

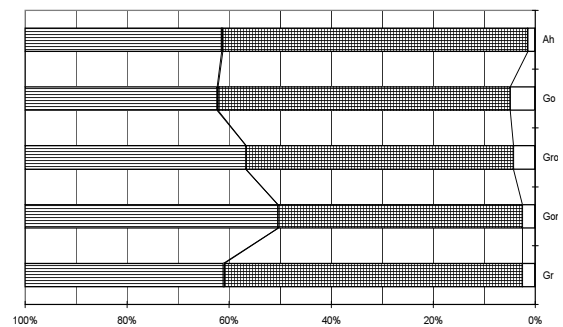


Abbildung 74: Heiningen Wald: phasenspezifische Bindungsformen von Eisen

Im oxidierenden Milieu wird die **Manganmobilität** (Abb. 75) zu 53 % bis 82 % von der leicht reduzierbaren und zu 8 % bis 22 % von der weniger leicht reduzierbaren Phase gesteuert. Der Einfluß der übrigen Phasen ist mit 3 % bis 8 % dagegen nur gering. Erst mit dem Übergang zum reduzierenden Milieu gehen die Mangankonzentrationen in den oxidischen Phasen deutlich zurück, steigen aber in den anderen Phasen an. Besonders deutlich wird dies in der adsorbierbaren Phase (Zunahme der Mangangehalte von 3 % auf 15 %), ist aber in den übrigen Phasen, wenn auch unterschiedlich intensiv, ebenfalls ausgeprägt. Nur die Anteile der organisch/sulfidischen Phase sind mit etwa 1 % bedeutungslos.

Von den drei Untersuchungsgebieten ist Mangan in Heiningen Acker vergleichsweise am geringsten (29 % bis 65 %) an die amorphen Eisen-Mangan-Oxide gebunden. Demgegenüber steht der hohe Bindungsanteil von 60 bis 75 % an die Phase III in Heiningen Grünland, wobei der Bindungsanteil von 35 % in der adsorbierbaren Phase im Gr-Horizont (Heiningen Acker = 15 %, Heiningen Wald = 9 %) bemerkenswert ist. Von allen Untersuchungsgebieten ist Mangan in Heiningen Grünland am labilsten gebunden, Heiningen Wald nimmt eine Mittelstellung ein, während die Manganmobilität in Heiningen Acker am geringsten ausgeprägt ist.

Die Gesamtgehalte von Mangan sind ähnlich wie die des Eisens verteilt. Beide Elemente sind im Go-Horizont aufkonzentriert, Mangan allerdings signifikanter als Eisen, so daß in diesem Horizont die höchsten Mangankonzentrationen vorliegen. Auch der anschließende Konzentrationsrückgang bis in den Gor-Horizont ist beim Mangan deutlicher als beim Eisen. Dies läßt auf eine schnellere Manganverlagerung im Untersuchungsgebiet Heiningen Wald schließen. Der Gr-Horizont ist durch einen signifikanten Konzentrationsanstieg beider Elemente charakterisiert.

Die Korrelationsanalyse deckt in den oberen Bodenhorizonten eine Mangankorrelation mit Cadmium, Nickel und Kobalt, in den unteren Bodenhorizonten mit Eisen auf. D.h., daß in den oberen Bodenhorizonten keine Aussagen zum Bindungsverhalten von Mangan möglich sind und nur auf die Elutionsergebnisse zurückgegriffen werden

kann (s.o.). In den unteren Bodenhorizonten ist Mangan an die fayalitische Gruppe und deren Zerfallsprodukte bzw. an die leicht und weniger leicht reduzierbare Phase gebunden.

Chrom (Abb. 76) ist in den oberen drei Bodenhorizonten mit Bindungsanteilen zwischen 46 % und 55 % bzw. zwischen 32 % und 43 % — ähnlich wie in Heiningen Acker — an die weniger leicht reduzierbare und in der residualen Phase fixiert, mit durchschnittlich 11 % aber auch in der organisch/sulfidische Phase gebunden. Im reduzierenden Milieu steigen die Chromgehalte — wie auch in Heiningen Acker — in der weniger leicht reduzierbaren Phase auf 60 % bzw. 53 % an. Demgegenüber nimmt Chrom in der organisch/sulfidischen Phase auf durchschnittlich 7 % und in der residualen Phase auf durchschnittlich 37 % ab. Ein abweichender Trend herrscht in Heiningen Grünland. Hier ist mit Ausnahme des Ah-Horizontes Chrom bis zu 92 % an die residuale Phase gebunden.

Die Korrelationsanalyse deckt in den oberen Bodenhorizonten eine Chrombindung an die fayalitische Gruppe (Eisen, Magnesium) auf. Desweiteren ist Chrom — neben seiner positiven Korrelation mit Blei, Kupfer und Cadmium — mit sämtlichen Elementen der vulkanogenen/sedimentären Gruppe hochsignifikant korreliert. Die statistischen Analysen bestätigen die Elutionsergebnisse dahingehend, daß Chrom bevorzugt an Phase schlecht kristalline Eisenoxide bzw. -hydroxide sowie an die residuale Phase als eigenständige Mineralisation (Chromit) gebunden ist.

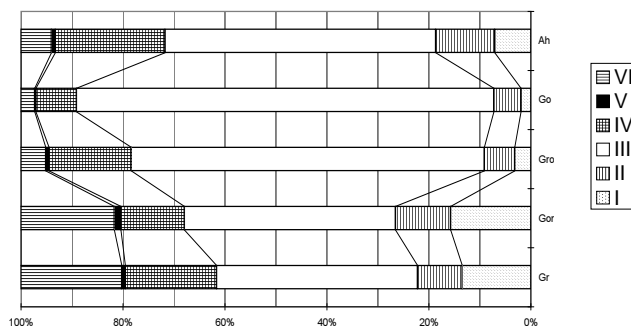


Abbildung 75: Heiningen Wald: phasenspezifische Bindungsformen von Mangan

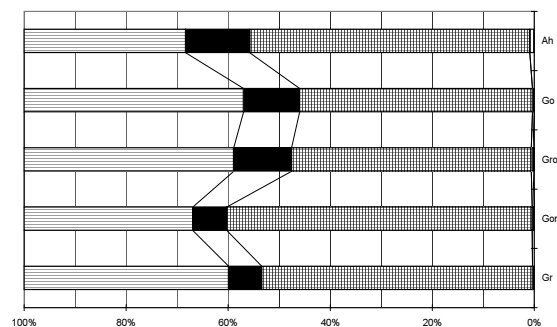


Abbildung 76: Heiningen Wald: phasenspezifische Bindungsformen von Chrom

Zu 62 % bis 70 % ist **Vanadium** (Abb. 77), zur Teufe nur geringfügig abnehmend an die weniger leicht reduzierbare Phase gebunden. Ein hoher, zur Teufe schwach ansteigender Vanadiumanteil von 26 % bis 36 % charakterisiert auch die residuale Phase. Diese Vanadiumverteilung ist mit der in Heiningen Acker nahezu identisch. Heiningen Grünland unterscheidet sich dahingehend, daß in den oberen Bodenhorizonten in der III. Phase eluierbare Vanadiumgehalte bis 15 % auftreten, ein Beleg für die labilere Bindungsform von Vanadium in diesem Untersuchungsgebiet.

Der Statistik zufolge ist Vanadium an die fayalitische und an die vulkanogene/sedimentäre Gruppe gebunden. Dies stimmt mit den Elutionsergebnissen — Bindung an IV. Phase und VI. Phase — überein. Auch sind die Ergebnisse von Korrelation und Elution auf die unteren Bodenhorizonte übertragbar: auch hier ist Vanadium mit der fayalitischen und vulkanogenen/sedimentären Gruppe assoziiert. Dieses Bindungsverhalten ist in allen drei Untersuchungsgebieten zu beobachten. Vanadium kann in Chromit eingebaut werden und kann damit letztendlich in der IV. Phase oder aber als Mineral der magmatischen Frühausscheidung (residuale Fraktion), vergesellschaftet mit Magnetit, Chromit und Titanmineralen vorliegen.

Aluminium (Abb. 78) ist in den oberen Bodenhorizonten zu 75 bis 85 % an die residuale und zu 25 bis 15 % an die weniger leicht reduzierbare Phase geknüpft. Die unteren Bodenhorizonte zeichnen sich durch einen Alumi-

niumenteil von 90 % in der residualen bzw. von 8 bis 9 % in der weniger leicht reduzierbaren Phase aus. Somit verhält sich Aluminium wie in Heiningen Acker und Heiningen Grünland, wobei die Verhältnisse von Heiningen Grünland dahingehend abweichen, daß in den oberen Bodenhorizonten lediglich ein Aluminiumanteil von 10 % auf die weniger leicht reduzierbare Phase gebunden fällt.

Die Bindung an die residuale Phase wird — wie auch in Heiningen Acker und Grünland — durch Korrelationen von Aluminium mit Kalium, Chrom, Vanadium und Natrium über alle Bodenhorizonte belegt. Als stabile Mineralisationen treten Feldspäte, Glimmer und Chlorite auf. Im Gegensatz zu Heiningen Acker und Grünland existieren aber auch Korrelationen mit Eisen (obere Bodenhorizonte), die möglicherweise auf eine Aluminium-Eisenbindung zurückgeht, in der ein Teil des oxidisch gebundenen Aluminiums im Kristallgitter der Fe-Oxide das Eisen ersetzt. Wie auch in Heiningen Grünland läßt die positive Korrelation von Aluminium zu Magnesium in den unteren Bodenhorizonten auf eine bevorzugte Bindung von Aluminium an Chlorite schließen.

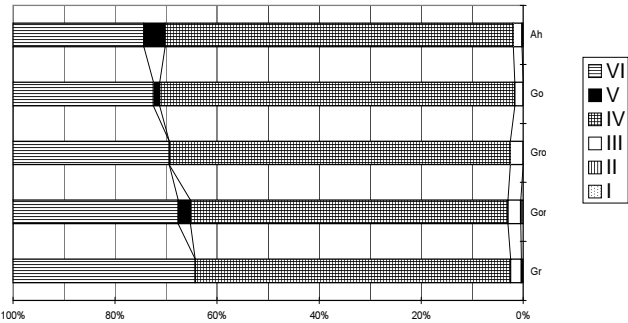


Abbildung 77: Heiningen Wald: phasenspezifische Bindungsformen von Vanadium

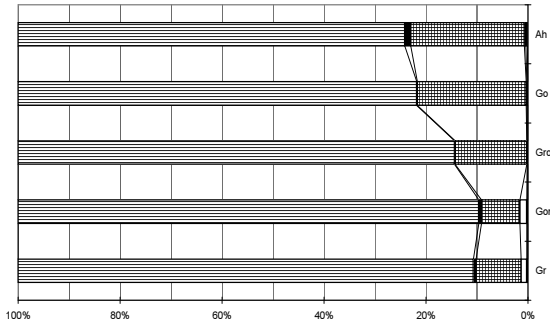


Abbildung 78: Heiningen Wald: phasenspezifische Bindungsformen von Aluminium

6.7 Vergleich und Diskussion der phasenspezifischen Schwermetallbindungsformen am Standort Heiningen

Um einen Vergleich zwischen den phasenspezifischen Bindungsformen der Schwermetalle (Elutionsergebnisse) und den Ergebnissen der Korrelationsanalyse zu erleichtern, sind in Tabelle 62 die für das Bindungsverhalten der Erzmatalle relevanten Elementgruppen (z.B. fayalitische Gruppe) den phasenspezifischen Bindungsformen gegenübergestellt. Die relevanten metallspezifischen Bindungsformen am Standort Heiningen werden am Schluß der Diskussion in Tabelle 63 zusammengefaßt.

Elementgruppe	Elutionsphase
fayalitische Gruppe	III (leicht reduzierbare Phase und IV (weniger leicht reduzierbare Phase)
vulkanogene/sedimentäre Gruppe	VI (residuale Phase)
organische Komponente	V (organische und sulfidische Phase)
karbonatische Komponente	II (karbonatische Phase)

Tabelle 62: Gegenüberstellung Elementgruppe / Elutionsphase

Ist **Zink** in den Oberböden der Untersuchungsgebiete Heiningen Acker und Heiningen Grünland bevorzugt an die weniger leicht reduzierbare, die leicht reduzierbare, die residuale und — untergeordnet — an die karbonatische Phase gebunden, so nimmt aufgrund regelmäßiger forstwirtschaftlicher Aufkalkungsmaßnahmen im Untersuchungsgebiet Heiningen Wald die karbonatische Phase — zu Ungunsten der weniger leicht reduzierbaren Phase an

Bedeutung zu. In den beiden unteren Bodenhorizonten der Untersuchungsgebiete Heiningen Acker und Wald sowie im G_r-Horizont des Untersuchungsgebietes Heiningen Grünland wird Zink signifikant von der residualen Phase (= vulkanogene/sedimentäre Gruppe) und untergeordnet von kristallinen Fe- (und Mn-) Oxiden (Phase IV) (= fayalitische Gruppe, Schlacken und deren Zerfallsprodukte) beeinflusst. Demgegenüber ist im G_{or}-Horizont (Heiningen Grünland) die leicht reduzierbare und die weniger leicht reduzierbare Phase für Zink relevant. Dies ist eine Folge des vergleichsweise hohen Opak-, Pochsand- und Schlackenanteils im Sediment (Alluvialseife).

Der auf Elementkorrelationen beruhenden statistischen Analyse zufolge wird das Bindungsverhalten von Zink durch die Elemente der fayalitischen Gruppe und durch die organische sowie — untergeordnet — durch die karbonatische Komponente geregelt. Die fayalitische Gruppe beherrscht das Bindungsverhalten in den oberen Horizonten der Untersuchungsgebiete Heiningen Acker und Heiningen Grünland; in Heiningen Wald dagegen scheint sie für Zink unwirksam zu bleiben, was auch den Elutionsergebnissen entspricht. Die organische Komponente ist in den unteren Bodenhorizonten aller drei Untersuchungsgebiete dominant. Zusätzlich hat in Heiningen Grünland auch die vulkanogene/sedimentäre Gruppe in den unteren Bodenhorizonten eine gleichgewichtige Bedeutung. Die Elution kann den Einfluß der organisch/sulfidischen Phase auf das Bindungsverhalten von Zink nicht bestätigen, so daß die Aussagen der statistischen Verfahren die Elutionsbefunde in diesem Punkt nicht belegen. Hinsichtlich des — wenn auch nur untergeordneten — Einflusses der fayalitischen Gruppe und der karbonatischen Komponente stimmen die Befunde im Untersuchungsgebiet Heiningen Acker bzw. Wald jedoch recht gut überein. Für Heiningen Grünland belegen beide Verfahren die dominante Bindung an die vulkanogene/sedimentäre Gruppe bzw. residuale Fraktion.

HADELER (1994) konnte anhand von Flußsedimentproben aus der Oker nachweisen, das Zink unter stark reduzierenden Bedingungen wesentlich fester gebunden ist als im schwach oxidischen Milieu, was auch auf die Verhältnisse am Standort Heiningen zutrifft. Desweiteren ist nach HADELER (1994) Zink das einzige Element (weitere untersuchte Elemente: Pb, Cd, Cu, Fe und Mn) im schwach anoxischem Milieu, das in austauschbarer Form vorliegt (Elutionsschritte I, II und III). Dies stimmt mit ZACHMANN & BLOCK (1994) überein, die in Flußsedimentproben aus der oberen Innerste eindeutig die Abhängigkeit der Zinkkonzentrationen von der karbonatischen und der leicht reduzierbaren Phase nachweisen konnten, was prinzipiell auch auf die oberen Bodenhorizonte des Standorts Heiningen übertragbar ist. Hier ist Zink zwar bevorzugt an die weniger leicht reduzierbare Phase geknüpft, liegt aber mit einem Anteil von 27 % (Heiningen Acker) bis 47 % (Heiningen Grünland) in austauschbarer Form vor (Elutionsschritte I - III) vor. Im reduzierenden Milieu wird die Zinkmobilität zu 70 % bis 90 % von der weniger leicht reduzierbaren und der organischen Phase dominiert. Eine Ausnahme bildet nur der G_{or}-Horizont im Untersuchungsgebiet Heiningen Grünland, wo die Zinkverteilung von allen Phasen außer der organischen gleichermaßen gesteuert wird.

Blei ist in allen drei Untersuchungsgebieten — wenn auch mit unterschiedlicher Intensität — an die weniger leicht reduzierbare Phase (= fayalitische Gruppe) gebunden. Hinzu kommen in den oxidischen Oberböden Einflüsse der karbonatischen und der residualen Phase. Demgegenüber hebt sich die fast vollständige Bleibindung an die weniger leicht reduzierbare Phase im reduzierenden Milieu sämtlicher Untersuchungsgebiete ab. Nur in Heiningen Grünland wirken in den unteren beiden Bodenhorizonten neben der weniger leicht reduzierbaren auch die leicht reduzierbare und die residuale Phase auf das Bindungsverhalten von Blei ein. Da in der Natur keine Eisen-

Blei-Oxid-Mineralisationen auftreten, muß Blei entweder als eigenständige oxidische Phase im IV. Elutionsschritt vorliegen, wie am Institut für Geowissenschaften durchgeführte Untersuchungen vermuten lassen, oder es wird als Sulfid (Bleiglanz) gebunden und könnte beispielsweise während der Probenaufbereitung durch Oxidationsvorgänge in die VI. Phase überführt worden sein (VAN DER VEEN 2003).

Die Bedeutung der Eisen- und Manganoxide wird auch von anderen Autoren beschrieben. DUES (1987) wies nach, daß bei mäßig saurer bis alkalischer Bodenreaktion bis zu 85 % des Bleis in oxidischer Form vorliegen können. Im stark sauren Milieu ($\text{pH} < 4,5$) treten dagegen Huminstoffe als Bindungspartner in den Vordergrund. So können in sauren Waldböden gegebenenfalls 80 % des Gesamtbleis an die organische Substanz gebunden sein (DUES 1987). Da in sämtlichen Profilen des Standortes Heiningen die Bodenacidität pH-Werte von 4,5 nicht unterschreitet, sind die Elutionsbefunde bzw. die statistischen Einzelanalysen plausibel. Untersuchungen von HEUER (1997) an Ackerböden der Okeraue bei Dorstadt, die als Hauptagens für das Bindungsverhalten von Blei im A_p -Horizont amorphe Mn- und Fe-Oxide herausarbeitete, weisen in die gleiche Richtung. Mit zunehmender Teufe verringert sich dieser Bindungsanteil zugunsten kristalliner Mn- und Fe-Oxide.

In Heiningen Acker und Heiningen Wald wird die **Kupfer**verteilung der oberen Bodenhorizonte von der weniger leicht reduzierbaren Phase gesteuert. Im G_{or} - und G_r -Horizont bleiben diese Bindungsmechanismen zwar erhalten, jedoch nimmt der Einfluß der residualen Phase zu ungunsten der weniger leicht reduzierbaren Phase (Heiningen Wald) bzw. der karbonatischen und leicht reduzierbaren Phase (Heiningen Acker) zu. Dies erlaubt den Schluß auf ansteigende silikatische (vulkanogene/sedimentäre) Einflüsse auf die Kupferbindung unter reduzierenden Verhältnissen. Auch SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (1998) bestätigen für Unterbodenhorizonte, daß Kupfer zu 80 % an Oxide und zwar hauptsächlich an schlecht kristallisierte Fe-Oxide gebunden oder zu 40 % im Gitter von Silikaten enthalten sein kann.

In den oberen Bodenhorizonten macht sich auch ein karbonatischer Einfluß von 10 % bis 16 % bemerkbar. Noch ausgeprägter (bis 21 %) ist er im Untersuchungsgebiet Heiningen Grünland. Kupfer ist hier — im Gegensatz zu Heiningen Acker und Heiningen Wald — noch zu 52 % an die leicht reduzierbare Phase geknüpft, so daß beide Phasen Kupfer in den oberen vier Bodenhorizonten zu durchschnittlich 70 % beeinflussen. Dies ist auf das auf diese Lokalität beschränkte, abweichende Mineralspektrum der Sedimente zurückzuführen (hoher Anteil an Haldenmaterial). Beispielsweise wies MUWANGA (1997) nach, daß Kupfer im Haldenmaterial des Kupferbergwerks Kilembe (Uganda) bevorzugt an Mn-Verbindungen, Kobalt, Nickel und Zink dagegen bevorzugt an Fe-Verbindungen festgelegt ist. Die vorrangige Abhängigkeit der mobilen Kupfergehalte in den oberen und unteren Bodenhorizonten von den Eisen- und Manganoxiden/-hydroxiden, d.h. von fayalitischen Schlacken wird durch die statistische Analyse belegt. In Heiningen Grünland (alle Bodenhorizonte) konnte desweiteren ein deutlicher Einfluß der karbonatischen Komponente auf die Kupfermobilität nachgewiesen werden. Hieraus leitet sich eine relativ labile Kupferbindung ab. Auch in den oberen Bodenhorizonten von Heiningen Wald ist die karbonatische Komponente wirksam. Elution und Statistik stimmen demzufolge gut überein. Die in der Literatur beschriebene Affinität des Kupfers zu organischen Substanzen deutet die statistische Einzелеlementanalyse lediglich für die oberen Bodenhorizonte in Heiningen Grünland und Wald an.

In Heiningen Acker und Heiningen Wald ist **Cadmium** in erster Linie an die Elemente der fayalitischen Gruppe gebunden. Neben den Mn-Fe-Oxiden tritt in den oberen Bodenhorizonten von Heiningen Wald zusätzlich auch die

karbonatische Komponente als Cadmiumträger in Erscheinung. In den unteren Bodenhorizonten von Heiningen Wald kommt jedoch ausschließlich der organischen Komponente diese Trägerfunktion zu. Im Unterboden von Heiningen Grünland vermögen die organische und die vulkanogene/sedimentäre Gruppe Cadmium zu binden. Die Ergebnisse der Statistik stehen sowohl mit GERTH (1985), der nachweisen konnte, daß Cadmium bei neutraler Bodenreaktion am stärksten durch Eisenoxide adsorbiert wird, in Einklang, als auch mit HERMS & BRÜMMER (1980) und SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (1998), nach denen Cadmium in sauren Waldböden bevorzugt durch die organische Komponente fixiert wird. Der Einfluß der karbonatischen Komponente auf die Cadmiumbindung ist auf die regelmäßig praktizierte Aufkalkung der oberen Bodenhorizonte im Untersuchungsgebiet Heiningen Wald zurückzuführen.

Da Cadmium durch Minderbefunde charakterisiert ist, konnten in diesem Fall die Elutionsergebnisse nicht berücksichtigt und nur die statistische Einzelementanalyse zur Diskussion herangezogen werden.

Ist **Eisen** in den Untersuchungsgebieten Heiningen Acker und Heiningen Wald ähnlich verteilt und in der weniger leicht reduzierbaren und der residualen Phase festgelegt — also im Ausgangsmaterial an fayalitische Schlacken und aufgrund des reduzierenden Milieus möglicherweise auch an Sulfide gebunden — so ist es in Heiningen Grünland zu 5 % bis 12 % an die leicht reduzierbare Phase gebunden. D.h. Eisen ist in Heiningen Acker und Heiningen Wald stabiler festgelegt als in Heiningen Grünland. Die im Untersuchungsgebiet Heiningen Grünland verstärkt auftretenden Schlacken, Gangarten und das opake Material bilden aufgrund ihrer Verwitterungsanfälligkeit und daher leichteren Freisetzungsvermögen das höhere Kontaminationspotential hinsichtlich von Schwermetallkomponenten, die neben Eisen in Schlacken und eisenreichen Coatings gebunden sind.

Das unterschiedliche Bindungsverhalten von Eisen am Standort Heiningen, insbesondere die labilere Bindungsform im Untersuchungsgebiet Heiningen Grünland wird auch durch die Korrelationen bestätigt. Nur hier ist Eisen neben weiteren Elementen — einschließlich sämtlicher Ezmetalle — positiv mit Mangan korreliert.

Demgegenüber sind die Korrelationen mit den anderen Variablen in den übrigen Untersuchungsgebieten weniger prägnant. In Heiningen Acker ist Eisen — außer mit den Erzmatalen — lediglich mit Magnesium (obere Bodenhorizonte) bzw. mit dem pH-Wert, Magnesium und Vanadium (untere Bodenhorizonte), in Heiningen Wald mit Magnesium, Aluminium, Vanadium, Kalium und Chrom (obere Bodenhorizonte) bzw. mit Magnesium, Kalium, Vanadium und Chrom (untere Bodenhorizonte) korreliert. Die Korrelationen zwischen Eisen und der vulkanogenen/sedimentären Gruppe erlauben zumindest für Heiningen Wald den Schluß auf eine teilweise Steuerung der Eisenmobilität durch die residuale Phase, die auch durch die Elution belegt werden konnte.

In den oberen Bodenhorizonten des Standortes Heiningen ist **Mangan** generell an die oxidischen Phasen, insbesondere an die leicht reduzierbare Phase gebunden, die jedoch mit dem Übergang zum reduzierenden Milieu — bei gleichzeitigem Anstieg der Mangankonzentrationen in den übrigen Phasen — abnimmt. In Heiningen Acker und Heiningen Wald nehmen die adsorbierbare und die residuale Phase, in Heiningen Wald außerdem die karbonatische und in Heiningen Grünland die adsorbierbare und karbonatische Phase zu Ungunsten der leicht reduzierbaren und der weniger leicht reduzierbaren Phase beim Übergang zum reduzierenden Milieu zu. Dies deutet für den Wechsel zum reduzierenden Milieu auf eine Überführung von Mangan in leicht lösliche Verbindungen hin. Ein Teil der Mangan-Ionen wird dabei jedoch durch Karbonate abgepuffert. Dies kann statistisch allerdings nur für das Untersuchungsgebiet Heiningen Grünland bestätigt werden, da hier Mangan — außer mit Eisen — noch mit Cal-

cium und Magnesium als Vertreter der Karbonatgruppe positiv korreliert. In den übrigen Untersuchungsgebieten — abgesehen von positiven Korrelationen mit den Erzelementen — ist Mangan überwiegend indifferent korreliert. Eine Ausnahme bilden die unteren Bodenhorizonte in Heiningen Wald. Hier deuten sich positive Korrelationen zwischen Mangan, Eisen und dem pH-Wert an. Im Vertikalprofil „Heiningen Wald“ ist Mangan vom pH-Wert abhängig.

Insgesamt kann Mangan in den Unterböden des Standortes Heiningen zu maximal 80 % an die adsorbierte, karbonatische und leicht reduzierbare Phase fixiert sein und somit einen hohen Anteil an den mobilen Fraktionen stellen. Dies wird auch von LOTZE (1992) und DAHMKE et al. (1991) bestätigt, denen zufolge Mangan hauptsächlich während der ersten drei Elutionsschritte gelöst wird.

Chrom ist in den Böden des Standortes Heiningen vorzugsweise an die weniger leicht reduzierbare und die residuale Phase gebunden. In Heiningen Acker und in Heiningen Grünland bestimmt hauptsächlich die weniger leicht reduzierbare Phase sein Bindungsverhalten. Im Untersuchungsgebiet Heiningen Wald ist Chrom, außer im A_h -Horizont, insbesondere an die residuale Phase geknüpft (G_o - und G_{ro} -Horizont). Die Chromaffinität zur organischen Phase wird für die oberen Bodenhorizonte in Heiningen Wald auch durch die hochsignifikante positive Korrelation eindeutig belegt; weitere hochsignifikante positive Korrelationen zu den Elementen der fayalitischen Gruppe sowie zu denen der vulkanogenen/sedimentären Gruppe werden durch die Überlappungen unterschiedlicher Bindungsmechanismen belegt. In den unteren Bodenhorizonten wird Chrom bevorzugt von der Eisen-, Mangan- bzw. residualen Gruppe gesteuert. Für Heiningen Grünland ergab die Statistik Beziehungen zwischen C_{org} und Chrom. Ein Bezug zur fayalitischen Gruppe fehlt, wohingegen der Einfluß der vulkanogenen/sedimentären Gruppe auf Chrom auch durch die Korrelationsanalyse deutlich wird. In Heiningen Acker belegt die Korrelationsanalyse Beziehungen zwischen Chrom, Aluminium, Magnesium und Vanadium und damit eine Bindung an die vulkanogene/sedimentäre Gruppe (= residuale Phase).

Die starke Chrombindung an die weniger leicht reduzierbare Phase wird von einer Anzahl von Autoren diskutiert. So bemerken beispielsweise SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (1998), daß $HCrO$ -Ionen in starkem Maße spezifisch adsorbiert werden und vor allem im sauren Bereich — wie dies in Heiningen Wald gegeben ist — durch Eisenoxide festgelegt werden. Auch KRÜGER et al. (1995) belegen für den Standort Greppin (Muldeau) eine bevorzugte Bindung von Chrom an Eisenoxide und Silikate. Das Auftreten von Chromaten erscheint fragwürdig; möglicherweise ist aufgrund des Redoxpotentials mit dem Auftreten von Verbindungen analog zum Chromit zu rechnen.

Vanadium ist in den Böden von Heiningen Acker und Heiningen Wald bevorzugt an die weniger leicht reduzierbare und an die residuale Phase gebunden. Heiningen Grünland unterscheidet sich davon insofern, als in den oberen drei Bodenhorizonten zusätzliche 10 % bis 15 % Vanadium in der leicht reduzierbaren Phase auftritt, während es in Heiningen Acker und Heiningen Wald nur durchschnittlich 5 % bzw. 3 % sind. Die labilere Bindung in Heiningen Grünland ist auf die Durchmischung des Sediments mit Schlacken und Haldenmaterial (z.B. Baryt aus Gangart) zurückzuführen. Dieser „anthropogene Anteil“ führt hier zum abweichenden Bindungsverhalten von Vanadium.

Der Korrelationsanalyse zufolge ist Vanadium am Standort Heiningen generell eng mit Chrom assoziiert. In Heiningen Acker liegt Vanadium in der residualen Phase vor (= vulkanogen/sedimentär), hier repräsentiert durch Aluminium. Eine Bindung an die karbonatische Phase ist durch die Korrelationsanalyse belegt, steht jedoch im

Widerspruch zu den Elutionsergebnissen. Ferner belegt die Korrelation sowohl in Heiningen Grünland (Ober- und Unterboden) als auch für Heiningen Wald (obere Bodenhorizonte) eine Vanadiumbindung an die organische Komponente.

Festzuhalten bleibt, das Vanadium am Standort Heiningen bevorzugt an die Oxide bzw. Hydroxide sowie an die silikatische (residuale) Phase gebunden ist, wie Korrelationsanalyse und sequentielle Elution zeigen konnten.

Aluminium ist in allen Profilen zu über 75 % an die residuale und zu 8 % bis 25 % an die weniger leicht reduzierbare Phase geknüpft. Die anderen Phasen üben nur sehr geringe Einflüsse aus. Die Korrelationsanalyse bestätigt dies durch positive Korrelationen mit den übrigen Elementen der vulkanogenen/sedimentären Gruppe (Magnesium, Kalium, Chrom und Vanadium). In den oberen Bodenhorizonten des Untersuchungsgebietes Heiningen Wald ist Aluminium außerdem positiv mit Eisen, in den unteren Horizonten positiv mit Calcium korreliert.

Ebenso wie im Falle des Vanadiums ist die in Heiningen Grünland (alle Bodenhorizonte) und Heiningen Wald (obere Bodenhorizonte) nachgewiesene positive Korrelation zur organischen Komponente durch die Elution nicht nachvollziehbar. Dagegen betonen VAN DE SAND & FISCHER (1996), die Bedeutung der organischen Komponente. Sie konnten nachweisen, daß die Al-Freisetzung in karbonatfreien, sandigen Böden eine entsprechende Abnahme des organisch gebundenen Al-Anteils verlangt. Allerdings ist die petrographische Zusammensetzung der Böden am Standort Heiningen eine andere, so daß der statistische Befund (Beziehung zu C_{org}) fragwürdig oder zumindest nachgeordnet erscheint.

	Heiningen Acker		Heiningen Grünland		Heiningen Wald	
	obere Bhz	untere Bhz	obere Bhz	Untere Bhz	obere Bhz	untere Bhz
Zn	IV, VI, III, II	VI, IV, II	III, IV, VI, II	VI, IV, III, II	VI, IV, II, III, V	VI, IV, II, III
Pb	IV, VI, II	IV	IV, II, III, VI	IV, II, VI, III	IV, VI, III, II	IV, V
Cu	IV, II, VI, II	IV, VI, II	IV, III, VI, II	IV, VI, II, III	IV, II, VI	IV, VI, II, III
V	IV, VI, III, V	IV, VI	IV, VI, III	IV, VI	IV, VI	IV, VI
Fe	IV, VI, III	IV, VI	VI, IV, III	VI, IV, III	IV, VI, III	IV, VI
Mn	III, IV, VI, II	III, I, VI, IV, II	III, IV, VI, II	III, I; IV, II, VI	III, IV, II, , VI, I	III, VI, IV, I, II
Al	VI, IV	VI, IV	VI, IV,	VI, IV	VI, IV	VI, IV
Cr	IV, VI	IV, VI, V	VI, IV, V	VI, IV, V	IV, VI, V	IV, VI, V

Tabelle 63: Metallspezifische Bindungsformen am Standort Heiningen

I = adsorbierte Phase; II = karbonatische Phase; III = leicht reduzierbare Phase; IV = weniger leicht reduzierbare Phase; V = organische und sulfidische Phase; VI = residuale Phase. Bhz = Bodenhorizont; Fettdruck = Anteil der phasenspezifischen Bindungsform > 50 %, Phasen in abnehmender Reihenfolge des Bindungsanteils; Anteile < 10 % sind nicht dargestellt

7 Resumee und Ausblick

Als maßgebende geogene Bindungsform ist die Bindung an Silikate hervorzuheben. Vor allem Chrom, Nickel, Kobalt, aber auch Eisen und Kupfer liegen in relativ hohen Konzentrationen in Diabasen und Wissenbacher Schiefer vor, deren Abtragungsmaterial mit den Flüssen in das Harzvorland verfrachtet werden. Hierbei handelt es sich insgesamt um eine stabile Fixierung, so daß von diesen Konzentrationen kein Gefährdungspotential ausgeht.

Als weitere geogene Bindungsformen sind nachgeordnet die adsorbierte und karbonatische Phase zu nennen. Die in diesen Bindungsformen vorliegenden Schwermetalle können bei Milieuwechsel zwar freigesetzt werden, liegen

hier jedoch generell in so geringen Konzentrationen vor, daß eine Gefährdung der Umweltkompartimente auszuschließen ist.

Eine Übergangsform zwischen anthropogener Belastung und geogen bedingten Konzentrationen liegt in Arealen mit Seifen aus Pochsanden vor, wie am Beispiel des Standortes Heiningen aufgezeigt werden konnte. Hierbei handelt es sich um schwermetallreiche Ablagerungen in natürlicher mineralischer Zusammensetzung, wobei jedoch durch bergmännische Aufbereitung eine Anreicherung von schwermetallhaltiger Gangart erfolgte. Diese Sedimente zeichnen sich durch sehr hohe Konzentrationen aus, wobei die oxidischen Bindungsformen prädominieren und ein erheblicher Anteil an Karbonaten fixiert ist.

Die anthropogene Belastung der Sedimente dokumentiert sich durch schwermetallhaltige Schlacken mit fayalitischer Vormacht, die hohe Zink-, Cadmium-, Blei- und Kupferkonzentrationen aufweisen. Aufgrund der Verwitterungsanfälligkeit von Schlacken und der daher leichteren Freisetzbarkeit von toxischen Elementen bilden sie im Vergleich zu natürlichen Sulfiden das höhere Kontaminationspotential, wobei auch hier die oxidischen Bindungsformen prädominieren und die Schwermetalle im Sediment relativ stabil fixiert sind.

In den untersuchten Bodenhorizonten sind die geogenen und anthropogenen Einträge orts- und teufenabhängig, unterschiedlich verteilt und dementsprechend sind unterschiedliche Prädominanzen von Bindungsformen festzustellen. Generell gilt, daß sich für das Bindungsverhalten von Schwermetallen am Standort Heiningen normale anthropogene als auch geogene Einflüsse nachweisen lassen.

In den **oberen Bodenhorizonten** des Standortes Heiningen wird Aluminium von der residualen Phase (geogen = vulkanogene/sedimentäre Gruppe) und Mangan von der leicht reduzierbaren Phase (anthropogen = fayalithische Gruppe) kontrolliert. Dieses geochemische Muster gilt gleichermaßen für sämtliche Untersuchungsflächen.

Blei, Kupfer und Vanadium sind überwiegend an die weniger leicht reduzierbare (anthropogen) und — untergeordnet — an die residuale Phase (geogen) gebunden. Dieses Bindungsschema gilt auch für Eisen und Chrom; allerdings weichen sie von einer für alle Lokalitäten gleichermaßen gültigen Phasenzuordnung dahingehend ab, daß beide Schwermetalle in Heiningen Grünland vorzugsweise an die residuale Phase gebunden sind.

Zink ist hingegen durch ein heterogenes Bindungsverhalten charakterisiert: In den oberen Bodenhorizonten des Untersuchungsgebietes Heiningen Acker ist Zink an die weniger leicht reduzierbare und untergeordnet an die residuale Phase fixiert, in Heiningen Grünland ungefähr zu gleichen Anteilen an die leicht bzw. weniger leicht reduzierbare Phase und in Heiningen Wald hauptsächlich an die residuale Phase.

Im reduzierenden Milieu des **Unterbodens** sind Blei, Kupfer und Vanadium — ebenso wie in den oberen Bodenhorizonten — in erster Linie an die weniger leicht reduzierbare Phase, Mangan an die leicht reduzierbare, Zink und Aluminium dagegen im wesentlichen an die residuale Phase gebunden. Das Untersuchungsgebiet Heiningen Grünland zeichnet sich dadurch aus, daß die Zinkkonzentrationen in der residualen Phase jedoch nur geringfügig über denen der weniger leicht reduzierbaren Phase liegen. Eisen ist in Heiningen Grünland — ebenso wie Zink — relativ gleichmäßig auf die weniger leicht reduzierbare und auf die residuale Phase verteilt. Beide Phasen bestimmen die Eisenanteile auch in untersuchten Bodenhorizonten von Heiningen Acker.

Da der Nachweis einer Schwermetallbindung an organische Substanzen mittels Elution nicht durchführbar war, kontrastieren die Befunde mit der Korrelationsanalyse, die für Vanadium, Aluminium und Eisen zumindest fallweise einen, wenn auch nur untergeordneten Einfluß der organischen Komponente belegt.

Hinsichtlich der Bodenacidität bleibt zu erwähnen, daß nur eine geringe Signifikanz des pH-Wertes auf die Schwermetallmobilisierung festzustellen ist. Zunächst legt die Abnahme der pH-Werte zwischen G_{ro} - und G_{or} -Horizont nahe, die Ursachen der signifikanten Konzentrationsabnahmen der Erzmehalle zwischen Ober- und Unterboden pauschal in der Versauerung des Substrats zu sehen. Da jedoch in Heiningen Wald der pH-Wert auch im Oberboden saure Verhältnisse anzeigt und hier hohe Konzentrationen auftreten, müssen in Anbetracht der hohen Schwermetallkonzentrationen wirksamere Mechanismen den Einfluß des pH-Wertes überlagern. Hierfür kommen die Redoxbedingungen in Frage, die im oxidierenden Milieu des Oberbodens die bevorzugte Schwermetallbindung an die weniger leicht reduzierbare Phase verursachen. Diese Phase vermag — neben der residualen Bindungsform — die Schwermetalle im Bodenkörper so stark zu fixieren, daß sie auch unter den gegebenen sauren Bedingungen nicht mobilisiert werden können. Daher fehlen in Heiningen Wald trotz der z.T. hohen Schwermetallgesamtgehalte in sämtlichen Bodenhorizonten geeignete Voraussetzungen zu kurzfristigen Metallmobilisierungen.

Insgesamt ist also festzuhalten, daß in den Böden des Standortes Heiningen bis in die tieferen Bodenhorizonte sowohl in der Ton- als auch in der Feinsandfraktion z.T. hohe Konzentrationen von Schwermetallen auftreten. Diese hohen Gesamtkonzentrationen sind im Regelfall an kristalline Eisen-Mangan-Oxide bzw. an Silikate gebunden, so daß eine Schadstoffmobilisierung und damit ein Eintrag in das Ökosystem — selbst im z.T. schwach sauren Bodenmilieu — unwahrscheinlich ist. Lediglich im Untersuchungsgebiet Heiningen Grünland liegen bei einem Anteil von max. 30 % vergleichsweise labilere Bindungsformen vor.

Bei einer Änderung des geochemischen Milieus, wie z.B. bei einer starken Versauerung, kann es aufgrund der hohen Schwermetallbelastung zur erheblichen Freisetzung von Schwermetallen kommen. Dieses Szenario ist insofern unwahrscheinlich, da die Böden und Sedimente hohe Anteile abpuffernder Komponenten enthalten (Karbonate, Tonminerale, organisches Material), so daß ein pH-Wechsel auch bei Zufuhr acider Lösungen (z.B. saurer Regen) nur sehr langsam erfolgen wird.

Als weitere Randbedingung spielt das Redoxpotential eine wichtige Rolle. Eine Prognostizierung der tatsächlichen Schwermetallfreisetzung bei einem Milieuwechsel ist bei der gegebenen Komplexität des Bodenprofilaufbaus und der horizontalen Verbreitung nur sehr eingeschränkt möglich, da die Schwermetalle unter diesen Bedingungen nach der Lösung generell in andere, dem Milieu entsprechende Bindungsformen überführt werden. Beispielsweise können je nach Grundwasserstand Cadmium und Zink, aber auch Eisen und Mangan, unter Wassersättigung zunächst als unlösliche Sulfide festgelegt werden, welche bei Niedrigwasserständen oxidieren und als Sulfate letztendlich bis in den G_r -Horizont verlagert und dort wiederum als unlösliche Sulfide fixiert werden. Andererseits stellen gerade die dann entstehenden Fe- und Mn-Oxid/Hydroxide hocheffiziente Adsorber dar, welche die bei der Oxidation freigesetzten Schwermetalle wiederum an sich binden. Ebenso bleibt die Frage offen, ob das als Säure vorliegende Sulfat in dem komplexen Verbund mit Karbonaten oder basischen Schlacken neutralisiert wird, oder als Säure die Schwermetalle mobilisiert bzw. mit diesen leichtlösliche Komplexe bildet und somit verstärkend auf deren Mobilisierung wirkt. Auch bei landwirtschaftlich genutzten Flächen ist die Kalkung und die damit verbundene

pH-Erhöhung zu berücksichtigen. Hierdurch können verstärkt organische Stoffe, die Schwermetalle komplexieren, diese in Lösung bringen und zu einer Verlagerung der Schwermetalle in größere Tiefen beitragen.

Belegbare Prognosen erfordern Konzepte, die aufbauend auf detaillierte feldgeologische Befunde, geologisch-mineralogische Analytik und geochemische Modellierung (z.B. PHREEQE) auch Aussagen zur Sickerwasserprognose und Modelle für Szenarien beinhalten (Änderung des pH-Wertes, Verlagerungsgeschwindigkeit der Schwermetalle, Filter- und Retardationsvermögen).

8 Zusammenfassung

Abhandlungen über die Schwermetallbelastung der Okeraue konzentrierten sich bis dato größtenteils auf die A_h - bzw. A_p -Horizonte. Da sich Schwermetalle bevorzugt in den oberen Bodenhorizonten anreichern, wurde insbesondere ihrer teufenabhängigen Verteilung wenig Beachtung geschenkt. Entsprechende Untersuchungen — auch solche zur flächenhaften Verteilung — und zur Differenzierung der Schwermetallkonzentrationen in Abhängigkeit von Pedogenese und geochemischem Milieu sowie dem daraus resultierenden Bindungsverhalten von Schwermetallen in hydromorphen Böden lagen bisher nicht vor. Auch konzentrieren sich gängige Publikationen fast ausschließlich auf Untersuchungen der < 20 - bzw. $< 63 \mu\text{m}$ -Fraktion. Unter Berücksichtigung der Sedimentationsdynamik der Oker und der jahrhundertelangen Einträge von sulfidischen Metallschlämmen und Pochsand aus dem Harz ist jedoch eine Schwermetallanreicherung auch in tieferen Bodenhorizonten und unterschiedlichen Kornfraktionen zu erwarten.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit erfolgte erstmals eine systematische Darstellung flächenhafter und teufenabhängiger Schwermetallanreicherungen in genetisch gleichen Böden (Auengleye) dreier ausgewählter, unterschiedlicher Nutzung unterliegender Untersuchungsgebiete im Bereich der Okeraue bei Heiningen. Neben einer umfassenden Diskussion der Belastungssituation konnten konkrete Aussagen zum Bindungsverhalten ausgewählter Schwermetalle getroffen werden. Neben der Feinsandfraktion wurde auch die Tonfraktion in die Untersuchungen mit einbezogen.

Eine angemessene Bewertung der Verhältnisse am Standort Heiningen verlangt außerdem den Vergleich mit Böden, die eine gleiche pedogenetische Entwicklung durchlaufen haben, geologisch und hydrogeologisch ähnlich sind, den gleichen Nutzungsarten unterliegen, aber möglichst unbelastet sind. Dies machte den Standort Vienenburg als Referenzgebiet (lokaler Background) geeignet, da die Auen-, Schwebstoff- und Flußsedimente der Ecker gegenüber denen der anderen niedersächsischen Harznordrandflüsse am geringsten mit Schwermetallen belastet sind. Daß seine Böden nicht den geogenen Background im klassischen Sinn repräsentieren, wurde bewußt in Kauf genommen. Um dennoch einen Vergleich der Oker- und Ekerlaus sedimenten mit einem überregional gültigen Maßstab zu ermöglichen, wurde die Klassifizierung der Schwermetallkonzentrationen beider Standorte nach dem Geoakkumulationsindex (MÜLLER 1979, 1981) vorgenommen. Die Böden am Standort Vienenburg sind im Regelfall „mäßig bis stark belastet“; fallweise „stark belastet“ (Zink, Cadmium), am Standort Heiningen sind die Böden bis in größere Tiefen als „übermäßig belastet“ zu klassifizieren.

Von den berücksichtigten **Kornfraktionen** weist die Tonfraktion erwartungsgemäß die höchsten Schwermetallkonzentrationen auf. Die Zink-, Blei- und Kupferkonzentrationen sind in ihr durchschnittlich um das 1,5 - 2fache, die

Cadmiumkonzentrationen durchschnittlich um 20 % bis 40 % höher als in der Feinsandfraktion. Fallweise jedoch erreicht Cadmium in der Feinsandfraktion der Tonfraktion entsprechende Konzentrationen. Kontrollierende Faktoren für diese starken Anreicherungen innerhalb der gröberen Fraktion sind Hellglimmer, Pochsande, Schlackenbruchstücke und mit Coatings überzogene Sandpartikel.

Die **horizontspezifische**, flächenhafte Verteilung der Schwermetalle an beiden Standorten ist durch einen häufigen Wechsel von Konzentrationsklassen gekennzeichnet, der in bevorzugten Richtungen sukzessive An- bzw. Abreicherungen oder kleinstückige Muster ohne erkennbare Ordnung widerspiegelt; dies gilt in gleichem Maße für die pH-Werte. Wie Bodenkartierung, Röntgendiffraktometrie und geochemische Analysen belegen, sind die Verteilungsmuster der Schwermetalle in unterschiedlichem Maße auf Sedimentationsdynamik, Humusgehalte und mineralische Komponenten zurückzuführen, wobei — je nach Untersuchungsgebiet — das geochemische Muster das Resultat mehrerer sich überlagernder Faktoren ist.

Im Untersuchungsgebiet Heiningen Acker sind die Verteilungsstrukturen der oberen Horizonte hauptsächlich morphologisch und agrartechnologisch bedingt, während die Strukturen der unteren Bodenhorizonte auf die Sedimentationsdynamik, dem durch sie erzeugten häufigen Wechsel von fein- und grobklastischem Material und den hieraus resultierenden Verdünnungseffekten zurückzuführen sind. Die Schwermetalle im Untersuchungsgebiet Heiningen Grünland besitzen zusätzlich verstärkte Affinitäten zur mineralischen Komponente, die hier sich bevorzugt aus Schlacken, Pochsanden, Hellglimmern und Eisen- Manganoxiden bzw. -hydroxiden zusammensetzt. Im Untersuchungsgebiet Heiningen Wald wird die Sedimentzusammensetzung durch die Warne beeinflusst. Dies manifestiert sich in den unteren Bodenhorizonten durch vergleichsweise höhere Karbonatgehalte (Liefergebiet: Oder).

Am **Standort Vienenburg** werden die Schwermetallanreicherungsstrukturen durch den direkten Einflußbereich der Ecker definiert. Dieser Bereich wird bei Hochwässern überflutet, es kommt im Mikrorelief des Bodens zur Akkumulation von belasteten Schwebstoffen. Abreicherungsstrukturen beruhen auf Verdünnungseffekten durch Einträge von unbelastetem kolluvialen Material (Vienenburg Acker) und durch Schwemmlöseinträge aus der Mittelterrasse (Vienenburg Grünland). Die Abreicherungsstrukturen im Untersuchungsgebiet Vienenburg Wald sind dagegen aus der dortigen Geländemorphologie abzuleiten.

Statistische Analysen ausgewählter Proben ermöglichten Aussagen zum Bindungsverhalten von Zink, Blei, Kupfer und Cadmium, wobei Elementgruppen herausgearbeitet wurden, die die Mobilität der o.g. Elemente beeinflussen. Zur Charakterisierung der Abhängigkeit der Erzmetalle Zn, Pb, Cu und Cd von kontrollierenden Parametern sind starke Einflüsse, die die Schwermetallmobilität zu steuern vermögen, von untergeordneten, eher modifizierend wirkenden, zu unterscheiden. Unter diesen Voraussetzungen wird das Bindungsverhalten am Standort Heiningen bevorzugt von der Sedimentzusammensetzung der fayalitischen Gruppe, von der karbonatischen und organischen Komponente, fallweise auch von der Sedimentzusammensetzung der vulkanogenen/sedimentären Gruppe bestimmt. Ausgangsmaterial der fayalitischen Gruppe sind Erzschlacken, die im sedimentären Umfeld instabil sind und somit wichtigstes Agens der Mobilitätssteuerung sind. Dies gilt vor allem im Oberboden.

In den unteren Bodenhorizonten nimmt der Einfluß der fayalthischen Gruppe zugunsten der organischen Komponente, die im Oberboden eine nur untergeordnete Rolle spielt ab, während der Einfluß der karbonatischen Komponente in allen Bodenhorizonten gleich ist. Dabei sind die Elemente der fayalitischen Gruppe und die karbonatische

Komponente in der Feinsandfraktion wirksamer als in der Tonfraktion. Die organische Komponente beherrscht vor allem die Tonfraktion im Unterboden.

Unter **teufendifferenzierter** Betrachtung führen Geländebefunde, geochemische Analysen und die statistische Auswertung am Standort Heiningen zur Unterscheidung zweier Populationen in den Untersuchungsgebieten „Heiningen Acker“ und „Heiningen Wald“, die sich in signifikanten Unterschieden der Schwermetallkonzentrationen manifestieren und die oberen drei (A_p , G_o , G_{ro}) von den unteren beiden (G_{or} , G_r) Bodenhorizonten geochemisch trennen. Die höhere Belastung des Oberbodens ist aus dem verstärkten Einsetzen der Erzproduktion seit 1880 (Erschließung des „Neuen Lagers“) und auf die Verhüttung von Zinkblende (erst seit Mitte des 19. Jahrhunderts technologisch möglich) zurückzuführen. Da erst zu diesem Zeitpunkt eine erhöhte Schlackenproduktion einen entsprechend starken Austrag in das Vorland zur Folge hatte, ist die Abhängigkeit der Erzmatalle von der fayalitischen Gruppe gerade in den oberen Bodenhorizonten und vor allem die überproportionale Zinkanreicherung (Zn/Cd-Verhältnis von 250 bzw. 230) in den Auensedimenten von Heiningen Acker und Heiningen Wald erklärbar. In Heiningen Grünland, wo über das ganze Bodenprofil ein konstant hohes Zn/Cd-Verhältnis vorliegt, wirkt sich der zusätzliche Einfluß einer alluvialen Seife in den unteren Bodenhorizonten aus. Somit spiegeln sich am Standort Heiningen im wesentlichen temporär sedimentäre und z.T. anthropogen verursachte Prozesse wider (Bergbauaktivitäten, Sedimentationsgeschichte), wobei die hohe Belastung allerdings auf anthropogen verursachte Aktivitäten in den Oberläufen der Flüsse zurückgeht (Erzförderung, Verhüttung). Ein Einfluß des geochemischen Milieus konnte nur fallweise festgestellt werden und ist, beispielsweise als Folge landwirtschaftlicher Nutzung in Heiningen Acker, ebenfalls anthropogen bedingt. Hier ist eine Stabilisierung der Bindungsformen durch die Bewirtschaftung festzustellen (oxidierendes Milieu, pH-Anhebung). Generell verschleiert die Überlagerung mehrerer Faktoren die Bindungsverhältnisse und lassen oft keine eindeutigen Abhängigkeiten erkennen. So liegen beispielsweise im Oberboden von Heiningen Wald die höchsten Schwermetallkonzentrationen am Standort Heiningen vor, obwohl den pH-Werten nach (schwach sauer) gerade hier die höchste Bodenversauerung vorliegt und Erzmatalle stärker als in Heiningen Acker und Heiningen Grünland hätten mobilisiert werden müssen. Als Hauptfaktoren sind neben dem pH die Redoxbedingungen sowie die im Verlauf der Sedimentation angelieferten Bindungsformen bzw. Mineralvergesellschaftungen zu nennen.

Der **Vergleichsstandort Vienenburg**, an dem nur die oberen Bodenhorizonte beprobt werden konnten, zeichnet sich durch wesentlich geringere Schwermetallkonzentrationen aus. Er unterscheidet sich von Heiningen im wesentlichen durch die primäre Abhängigkeit der Erzmatalle von der organischen und karbonatischen Komponente.

Die Elemente der fayalitischen Gruppe spielen eine nur untergeordnete Rolle, da im Einzugsgebiet der Ecker vergleichsweise geringe Bergbauaktivitäten stattfanden und Verhüttungsprozesse so gut wie nicht erfolgten. Nur in Vienenburg Acker konnten schwache Einflüsse der fayalitischen Gruppe (Feinsandfraktion) nachgewiesen werden.

Die **Schwermetall-Bindungsformen** am Standort Heiningen sind — wie durch die sequentielle Elution belegt wurde — in allen Profilen überwiegend oxidischer und silikatischer Natur. Insbesondere die Bindung an kristalline Oxide ist deutlich ausgeprägt. Dies steht im Einklang mit den Ergebnissen der statistischen Analysen, wobei die Bindung an Fe-Mn-Oxiden (= leicht und weniger leicht reduzierbare Phase) mit der fayalitischen Gruppe gleichzusetzen ist. Der durch die statistischen Analysen nachgewiesene Einfluß der organischen Komponente auf das Bindungsverhalten der Schwermetalle wurde durch die sequentielle Elution nicht bestätigt. Dies beruht auf

den bei der Probenaufbereitung von eisenreichen Material auftretenden Oxidationsvorgängen, durch die der organisch/sulfidisch gebundene Schwermetallanteil in die residuale Phase (VI) verschleppt wird.

Die differenzierte Betrachtung der einzelnen Bindungsformen in den Untersuchungsgebieten läßt jedoch graduelle Unterschiede erkennen, wie das abweichende Bindungsverhalten von Blei im Untersuchungsgebiet Heiningen Wald (Karbonatphase) als Folge der Aufkalkung zeigt. Das Mobilitätsverhalten von Mangan und Zink wird bevorzugt durch die amorphen Eisen- Mangan-Oxide (fayalitische Gruppe) dominiert. Dieses Bindungsschema ist grundsätzlich auch auf die unteren Bodenhorizonte des Standortes Heiningen übertragbar, obwohl dort der Anteil an silikatisch gebundenen Schwermetallen (residuale Fraktion bzw. vulkanogene/sedimentäre Gruppe) gegenüber der Bindung an kristalline Oxide zunimmt. Dennoch sind die kristallinen Oxide weiterhin vorherrschender Bindungspartner der Schwermetalle.

Die adsorptive, karbonatische, leicht reduzierbare und organische Phase spielen für das Bindungsverhalten der Schwermetalle eine untergeordnete Rolle. Ein geringer Anteil (10 % bis 30 %) der in der adsorbierten, karbonatischen und leicht reduzierbaren Phase fixierten Schwermetalle (Zink, Blei, Kupfer und Mangan) verweist auf eine höhere Schwermetallmobilität. Insbesondere zeichnen sich die Schwermetalle im Untersuchungsgebiet Heiningen Grünland durch vergleichsweise labilere Bindungsformen aus. Hierin drückt sich allerdings wiederum ein anthropogener Einfluß in der Weise aus, wonach diese Bindungsformen auf der verstärkten Akkumulation von Haldenmaterial im Sediment beruht.

9 Literaturverzeichnis

- AbfKlaerV (1992): Klärschlammverordnung. — BGBl. I, :1992 S. 912; 1997 S. 446 S.
- ACKERMANN, F. (1980): A procedure for correcting the grain size effect in heavy metals analysis of estuarine and coastal sediments. — Environ. Technol. Lett., **1**:518 - 527.
- ACKERMANN, F., BERGMANN, H. & SCHLEICHERT, U. (1983): Monitoring of Heavy Metals in Coastal and Estuarine Sediments — A Question of Grain-Size: <20 μm Versus <60 μm . — Environ. Technol. Lett., **4**, 7:317 - 328.
- ADLERS-FLÜGEL, U. (1996): Einschätzung der Belastungssituation von Sediment und Flußwasser im oberen Okergebiet (Oker, Abzucht, Radau, Ecker). — Dipl.-Arbeit, 136 S., Inst. f. Geowissenschaften, TU Braunschweig.
- ALLOWAY, B. (Hrsg.): (1999): Schwermetalle in Böden: Analytik, Konzentration, Wechselwirkungen. — 540 S.; Berlin (Springer).
- ANDERSSON, A. (1979): Distribution of heavy metals as compared to some other elements between grain size fractions in soils. — Swed. J. Agric. Res., **9**, 1:7-13.
- ARTHEN, A. (1992): Untersuchungen zum Verhalten der Schwermetalle Blei, Cadmium, Kupfer und Zink unter wechselnden Ex- und Infiltrationsbedingungen bei der Uferfiltration. — Schr. Angew. Geol., **20**:203 S., Karlsruhe.
- BAHLMANN, M. & MENZEL, E. (1994): Bodengeochemische Kartierung im Bereich der ehemaligen Bleihütte der Preussag AG Metall bei Clausthal-Zellefeld. — Dipl.-Kartierung, 47 S., Inst. f. Geowissenschaften, TU Braunschweig.
- BANAT, K., FÖRSTNER, U. & MÜLLER, G. (1972): Schwermetalle in Sedimenten von Donau, Rhein, Ems, Weser und Elbe im Bereich der Bundesrepublik Deutschland. — Die Naturwissensch., **59**, 12:525-528, Berlin ,Heidelberg, New York.
- BARCKHAUSEN, J., LOOK, E. R., VINKEN, R. et al. (1975): Symbolschlüssel Geologie.- Symbole für die Dokumentation und automatische Datenverarbeitung. — 135 S., NLfB & BGR, Hannover.
- BAUMANN, A., BEST, G. & KAUFMANN, R. (1977): Hohe Schwermetallgehalte in Hochflutsedimenten der Oker. — DGM, **21**:113-117, Koblenz.
- BEZIRKSREGIERUNG BRAUNSCHWEIG (1989): Bewirtschaftungsplan Oker. — 32 S., Braunschweig.
- BLUME, H. P.: (1990): Handbuch des Bodenschutzes. Bodenökologie und -belastung, vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen. — 686 S.; Landsberg/Lech (ecomod).
- BLUME, H. P. & BRÜMMER, G. (1987): Prognose des Verhaltens von Schwermetallen in Böden mit einfachen Feldmethoden. — Mitt. Deutsch. Bdenkundl. Ges., **53**:111 - 117, Göttingen.

- BODE, A. (1926): Reste alter Hüttenbetriebe im West- und Mittelharz. — Jb. Geogr. Ges., :141-197, Hannover.
- BOMBIEN, H. (1983): Untersuchungen zur petrographischen Zusammensetzung und Verteilung glaziärer, periglaziärer und fluviatiler Ablagerungen des Pleistozäns zwischen Langelsheim, Bad Harzburg und Vienenburg (nördliches Harzvorland). — Dipl.-Arbeit, 130 S., Univ. Hannover, Hannover.
- BOMBIEN, H. (1987): Geologisch-petrographische Untersuchungen zur quartären (früh-saalezeitlichen) Flußgeschichte im nördlichen Harzvorland. — Mitt. Geol. Inst. Univ. Hannover, :131 S., Hannover.
- BORCHERS, U. & NÄVEKE, R. (1993): Bestimmung von organischen Stoffen und Carbonaten in grundwasserleitenden Sedimenten. — In: WOLFF, J. & WALTHER, W. (Hrsg.): Grundwasserkontamination durch diffuse Stoffeinträge, S. 117 –131; Braunschweig.
- BÖTTCHER, G. (1992): Wechselwirkungen zwischen Festphasen und Lösungen (z.B. unter Bildung basischer Aluminiumsulfate) in 5 Bodenprofilen über verschiedenartigen Gesteinen in der Sösemulde (Oberharz). — Ber. Forschungszentr. Waldökosysteme, **A 93**, Göttingen.
- BOTTERBROD, S. (1996): Einschätzung der Belastungssituation von Sediment und Flußwasser im oberen Innserstegebiet (Innserste, Grane). — Dipl.-Arbeit, 126 S., Inst. f. Geowissenschaften, TU Braunschweig.
- BRAND, K. (1989): Untersuchungen über die Festlegung und Remobilisierung der Schwermetalle Blei, Cadmium, Kupfer und Zink bei der Uferfiltration. — Schr. Angew. Geol. Karlsruhe, **6**:243 S., Karlsruhe.
- BREDEMEIER, M., ULRICH, B. & SCHULTZ, R. (1988): Belastung von Waldböden durch Stoffeinträge und ihre Folgewirkungen für Waldökosysteme. — In: ROSENKRANZ, BACHMANN, EINSELE et al. (Hrsg.): Bodenschutz, Beitrag **4160**, S. 1 – 22; Berlin, Tübingen, Harburg (Erich Schmidt).
- BRODE, T. & REUTER, A. (1990): Geochemische Kartierung im Umfeld des ehemaligen Hüttenwerkes Clausthal-Zellerfeld (Oberharz) sowie eines unkontaminierten Vergleichsgebietes bei Badenhäusen (Harz). — Dipl.-Kartierung, 141 S., Inst. f. Geowissenschaften, TU Braunschweig, Braunschweig.
- BRÜMMER, G., TILLER, K. G., HERMS, U. et al. (1983): Adsorption-Desorption and /or Precipitation-Dissolution Processes of Zinc in soils. — Geoderma, **31**:337-354, Amsterdam.
- BRÜMMER, G., ZEIN, H., HILLER, D. et al. (1994): Bindungsformen und Mobilität von Cadmium und Blei in Böden. — In: KREYSA, G. & WIESNER, J. (Hrsg.): Beurteilung von Schwermetallen in Böden und Ballungsgebieten: Arsen, Blei und Cadmium, S. 197–217; Frankfurt am Main (Decherma).
- BÄTHGE, W. (1984): Statistische Bearbeitung geochemischer Analysen des Wissenbacher Schiefers (Oberharz). — Dipl.-Arbeit, 136 S., Inst. f. Geowissenschaften, TU Braunschweig.
- BUCHHOLZ, P., WACHENDORF, H., ZWEIG, M. et al. (1989): Synsedimentation versus tektonische Deformation im Harzpaläozoikum: Rutschung – Schlammstrom – Olisthostrom – Melange. — Führer Exk. 141. Hauptversamml. dt. geol. Ges. Braunschweig 1989, :139 - 170.
- Bundesbodenschutzgesetz (1998): Bundesbodenschutzgesetz. — :14 S., Bonn.

- Bundesbodenschutzgesetz und Altlastenverordnung (1999): Bundesbodenschutzgesetz und Altlastenverordnung. — :58 S., Bonn.
- BUNZL, K., SCHMIDT, W. & SANSONI, B. (1976): Kinetics of ion exchange in soil organic matter IV. Adsorption and desorption of Pb^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} , Zn^{2+} and Ca^{2+} by peat. — *J. Soil Sci.*, **27**:32 - 41, Oxford.
- CALMANO, W.: (1989): Schwermetalle in kontaminierten Feststoffen. — 237 S.; (Verlag TÜV Rheinland).
- CASPERS, G.: (1990): Untersuchung präindustrieller Flußablagerungen im Mündungsbereich der Aller; Blatt Verden. — 17 S.; (NLfB Hannover).
- CHEN, Y., SENESI, N. & SCHNITZER, M. (1978): Chemical and physical characteristics of humic and fulvic acids extracted from soils of the Mediterranean region. — *Geoderma*, **20**:87 - 104, Amsterdam.
- CHESIRE, M. V., BERROW, M., GOODMAN, B. et al. (1977): — *Geochim. Cosmochim. Acta*, **41**, Oxford.
- CHRISTOFZIK, H. (1983): Untersuchungen zur petrographischen Zusammensetzung und Verteilung glaziärer, periglaziärer und fluviatiler Ablagerungen des Pleistozäns im Raum Vienenburg-Schluden (nördliches Harzvorland). — Dipl.-Arbeit, 81 S., Univ. Hannover.
- CLAUSS & EBNER: (1989): Statistik. — 6. Aufl., 530 S.; Thun und Frankfurt am Main (Harri Deutsch).
- CUTEC (1993): Erfassung von Halden im Harz.- Forschungsprojekt „Schwermetallhaltige Halden des Harzes“. — Tischvorlage der Abteilung f. Deponietechnik und Abfallbehandlung Clausthaler Umwelttechnik, im Auftrage des Niedersächsischen Umweltministeriums.
- DAHMEKE, A., SCHULZ, H., KÖLLING, A. et al. (1991): Schwermetallspuren und geochemische Gleichgewichte zwischen Porenlösung und Sediment im Wesermündungsgebiet. — Berichte aus dem Fachbereich Geowissenschaften der Universität Bremen, , 12.
- DAVIS, J. C.: (1973): Statistics and data analysis in geology. — 550 S.; New York, London, Sydney, Toronto (Wiley).
- DITTMER, E. (1994): Sedimentpetrographische Arbeiten im Bereich der Oker und Innerste. — Unveröff. Gutachten, im Auftrage des Nieders. Umweltministeriums, 40 S., Inst. f. Geowissenschaften, TU Braunschweig.
- DRESCHHOFF, G. E. (1974): Geologische Untersuchungen in den Holozänablagerungen des mittleren Okergebietes. Diss., Inst. f. Geologie und Paläontologie, TU Braunschweig, Braunschweig.
- DUES, G. (1987): Untersuchungen zu den Bindungsformen und ökologisch wirksamen Fraktionen ausgewählter toxischer Schwermetalle in ihrer Tiefenverteilung in Hamburger Böden. — Diss., 265 S., Univ. Hamburg.
- DUPHORN, K. (1968): Ist der Oberharz im Pleistozän vergletschert gewesen? — *Eiszeitalter und Gegenwart*, **19**:164-174, Öhringen/Württ.
- DUPHORN, K. (1969): Neue Ergebnisse der Eiszeitforschung im und am Westharz. — *Z. Geomorph.*, **13**:324-334, Berlin, Stuttgart.

- DVWK (1988): Filtereigenschaften des Bodens gegenüber Schwermetallen. — Merkblätter, **212**, Hamburg, Berlin.
- EBERHARDT, J. (1988): Geogene und anthropogene Schwermetallgehalte in Aueböden. — Diss., 200 S., Univ. Stuttgart.
- ECKELMANN, W., GEHRT, E., KÜHN, D. et al. (1996): Anleitung zur Entnahme von Bodenproben. — Geol. Jb., **G 1**:34 S., Stuttgart.
- EGGERS, B. (1994): Untersuchungen zur Schwermetallbelastung von Schwebstoffen und Sedimenten im Bereich der Flußsysteme Oker und Innerste. — Unveröff. Gutachten im Auftrage des Nieders. Umweltministeriums, 152 S., Inst. f. Geowissenschaften, TU Braunschweig.
- EGGERS, B. (1996): Schwermetallbelastung von Schwebstoffen und Sediment an Oker und Innerste. — 44 S., Hildesheim.
- EIKMANN, T. & KLOKE, A. (1991): Nutzungs- und schutzgutbezogene Orientierungswerte für Schadstoffe in Böden. — In: ROSENKRANZ, D., EINSELE, G. & HARRESS, H. M. (Hrsg.): Bodenschutz.
- ERNST, G. & SCHMID, F. (1979): Die Oberkreide des Raumes Braunschweig-Hannover unter besonderer Berücksichtigung des Cenoman und Turon. — Exkursionsführer, Geländetagung „Kreide Niedersachsen“ der Subkommission für Kreidestratigraphie 1. bis 5. Mai 1979, :75 S., Berlin, Braunschweig, Hannover.
- FARAH, H., HATTON, D. & PICKERING, W. F. (1980): The Affinity of Metal Ions for Clay surfaces. — Chem. Geol., **28**:55 - 68, Amsterdam.
- FAUTH, H., HINDEL, R., SIEWERS, U. et al. (1985): Geochemischer Atlas BRD: Verteilung von Schwermetallen in Wässern und Bachsedimenten. — :79 S., Stuttgart.
- FELDMANN, L.: (2002): Das Quartär zwischen Harz und Allertal mit einem Beitrag zur Landschaftsgeschichte im Tertiär. — Bd. 1. 149 S.; Clausthal-Zellerfeld.
- FIEDLER, H. & RÖSLER, H.: (1993): Spurenelemente in der Umwelt. — 385 S.; Jena, Stuttgart (Gustav Fischer).
- FILIPINSKI, M. & KUNTZE, H. (1990): Pflanzenaufnahme und Extrahierbarkeit von lithogen, pedogen und anthropogen angereichertem Cd in einem Parabraunerde A_p-Horizont aus Löß. — Z. Pflanzenernähr. Bodenknd., **153**:403-407.
- FÖRSTNER, U. & CALMANO, W. (1982): Bindungsformen von Schwermetallen in Baggerschlämmen. — Vom Wasser, **59**:83-92, Weinheim.
- FÖRSTNER, U. & MÜLLER, G.: (1974): Schwermetalle in Flüssen und Seen. — 225 S.; Berlin, Heidelberg, New York (Springer).
- FÖRSTNER, U. & SALOMOONS, W. (1980): Trace metal analysis on polluted sediments. I. Assessment of sources and intensities. — Environ. Technol. Lett., **1**:494 - 505.
- GERKHEN, F. (1997): Sedimentgebundene Schwermetalle in belasteten Flußläufen am Beispiel der Oker zwischen der Staumauer und Müden an der Aller. — Dipl.-Arbeit, 99 S., Inst. f. Geowissenschaften, TU Braunschweig.

- GERTH, J. (1985): Untersuchungen zur Adsorption von Nickel, Zink und Cadmium durch Bodentonfraktionen unterschiedlichen Stoffbestandes und verschiedene Bodenkomponenten. — :268 S., Kiel.
- GERTH, J. & BRÜMMER, G. (1981): Einfluß von Temperatur und Reaktionszeit auf die Adsorption von Nickel, Zink und Cadmium durch Goethit. — Mitt. deut. bodenkdl. Ges., **32**:229 - 230, Göttingen.
- GISI, U., SCHENKER, R., SCHULI, R. et al.: (1997): Bodenökologie. — Stuttgart (Georg Thieme Verlag).
- GOLL, M. & REUPKE, B. (1990): Kartierung von schwermetallbelasteten Waldböden des Oberharzes. — Dipl.-Kartierung, Inst. f. Geologie und Paläontologie, TU Braunschweig.
- GREVE, G.: (1970): Die Landkreise in Niedersachsen (Amtl. Kreisbeschreibg.) – Der Landkreis Goslar: Gewässer. — Bd. 24. 51-63 S.; Bremen-Horn.
- GRIM, R. E.: (1968): Clay Mineralogy. — zweite Aufl., 569 S.; New York, St. Louis, San Francisco.
- GROSSL, P., EICK, M., SPARKS, D. et al. (1997): Arsenate and Chromate Retention Mechanisms on Goethite 2. Kinetic Evaluation Using a Pressure-Jump Relaxation Technique. — Environ. Sci. Technol, **31**:321-326.
- GÖTTLEIN, A. & PRUSCHA, H. (1991): Wasserlöslichkeit organischer Bodeneinhaltsstoffe. — In: KREUTZER, K. & GÖTTLEIN, A. (Hrsg.): Ökosystemforschung Högglwald, S. 221–228.
- GUNDLACH, H. & STEINKAMP, H. (1973): Geochemische Prospektion im Oberharz, einem alten Bergbaugebiet. — Z. dt. geol. Ges., **124**:37-49, Hannover.
- HADELER, A. (1994): Schwermetalle in Sedimenten der Aller und deren Nebenflüsse Bindung – Mobilität – Toxizität. — Dipl.-Arbeit, 111 S., Universität Bremen.
- HANTKE, R.: (1993): Flußgeschichte Mitteleuropas.- Skizzen zu einer Erd-, Vegetations- und Klimageschichte der letzten 40 Millionen Jahre. — 459 S.; Stuttgart (Enke).
- HARMSSEN, K. G. (1977): Behaviour of Heavy Metals in Soils. — Agricult. Research Reports, **866**, Wageningen.
- HEINRICHS, H. & HERRMANN, H.: (1990): Praktikum der Analytischen Geochemie. — 669 S.; Berlin (Springer).
- HELLMANN, H. (1992): Eisen, Titan und Aluminium in Sedimenten und Böden — Ihr Zusammenhang mit der Korngröße und ihre Rolle als Referenzelemente. — Vom Wasser, **78**:73-89, Weinheim.
- HELLMANN, H. (1993): Hochflutablagerungen und ihre Schwermetallbelastung — Beispiel Neckar. — Wasser und Boden, **10**:804-823.
- HERMS, U. & BRÜMMER, G. (1980): Einfluß der Bodenreaktion auf Löslichkeit und tolerierbare Gesamtgehalte an Nickel, Kupfer, Zink, Cadmium und Blei in Böden und kompostierten Siedlungsabfällen. — Landwirtschaftliche Forschung, **33**:408-423.
- HERMS, U. & BRÜMMER, G. (1984): Einflußgrößen der Schwermetalllöslichkeit und- bindung in Böden. — Z. Pflanzenernähr. Bodenk., **147**:400-424, Weinheim.

-
- HEUER, E. (1997): Untersuchungen zur Pflanzenverfügbarkeit und zu den Bindungsformen von Schwermetallen in den Sedimenten der Okeraue. — Einzelaufgabe, 74 S., Inst. f. Geowissenschaften, TU Braunschweig.
- HILLER, D. & BRÜMMER, G. (1997): Mikrosondenuntersuchungen an unterschiedlich stark mit Schwermetallen belasteten Böden. 2. Gehalte an Schwermetallen und anderen Elementen in Huminstoffaggregationen, Streustoffen und Holzkohlepartikeln. — Z. Pflanzenernähr. Bodenk., **160**:47-55, Weinheim.
- HINDEL, R. & FLEIGE, H. (1987): Auswirkungen pedogenetischer Prozesse auf die Schwermetallverteilung im Bodenprofil. — Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Ges., **55/I**:313-319.
- HINTZE, B. (1985): Geochemie umweltrelevanter Schwermetalle in den vorindustriellen Schlickablagerungen des Elbe-Unterlaufs. — Hamburger Bodenk. Arb., **2**:230 S., Hamburg.
- HÖLSCHER, J., ROST, J. & WALTHER, W. (1994): Boden- und Gewässerbelastung in Niedersachsen durch Stoffeinträge aus der Atmosphäre. — Wasser und Boden, **1**:20 -25, Hamburg.
- HOPKINS, L., CANNON, H., MEISCH, A. et al. (1977): — Geochem. Environ., **2**.
- HORNBURG, V. & BRÜMMER, G. (1989): Untersuchungen zur Mobilität von Verfügbarkeit von Schwermetallen in Böden. — Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges., **59/II**:727-731.
- HOROWITZ, A. J. & ELDRICK, K. A. (1987): The relation of stream sediments surface area, grain size and composition to trace element chemistry. — Geochem., **2**:437 - 451.
- HOROWITZ, A. J. & ELDRICK, K. A. (1990): Surface Area and its interrelation with grain size, geochemical phase, and sediment/trace element chemistry. — Appl. Geochem.
- HÜTTER, L. A.: (1988): Wasser und Wasseruntersuchung. — dritte Aufl.; Frankfurt/Main (Diesterweg).
- ICKS, G., WALTHER, W. & WOLFF, J. (1987): Stoffbilanz und Wasserhaushalt im Grundwassereinzugsgebiet eines Wasserwerks. — Unveröff. Zwiber. zum Uba-FE-Vorhaben 102 02 208, :206 S., Braunschweig.
- JACOB, G., DUNEMANN, D., ZACHMANN, D. et al. (1990): Untersuchungen zur Bindungsform von Schwermetallen in ausgewählten Abfällen. — Abfallwirtschaftsjournal, **2**:451-457, Berlin.
- JANTZEN, E., KRÜGER, F., MIEHLICH, G. et al. (1998): Geogene Hintergrundwerte. — WWT, **7**:16-19.
- JÄPPELT, W. & STEFFEN, D. (1984): Sedimentuntersuchungen auf Schwermetalle an der niedersächsischen Küste. — Mitt. aus d. Nieders. Wasseruntersuchungsamt, **10**:41 - 60, Hildesheim.
- JARITZ, H. (1973): Zur Entstehung der Salzstrukturen Nordwestdeutschlands. — Geol. Jb., **A 10**:77 S., Hannover.
- JOHNS, W. D.; GRIM, R. E. & BRADLEY, W. F. (1954): Quantitative estimations of clay minerals by diffraction methods. — J. Sed. Petrol., **24**:242 -251, Tusla/Okl.
- KAHMANN, G. (1993): Pechochemische Kartierung zur Erfassung verdeckter geologischer Strukturen im Umfeld von Blei-, Zink- und Strontium-Mineralisationen des Zechstein. — Dipl.-Kartierung, 40 S., Inst. f. Geowissenschaften, TU Braunschweig.

- KAISER, R. & GOTTSCHALK, G.: (1972): Elementare Tests zur Beurteilung von Meßdaten. — Hochschultaschenbücher, Bd. 774. : 68 S.; Mannheim, Wien, Zürich (BI-Wissenschaftsverlag).
- KAISER, R. & MÜHLBAUER, J. A.: (1983): Elementare Tests zur Beurteilung von Meßdaten. — Hochschultaschenbücher, Bd. 774. : 96 S.; Mannheim, Wien, Zürich (BI-Wissenschaftsverlag).
- KALLNISCHKIES, T. (1992): Bodengeochemische Kartierung unterkarbonischer Serien an der südlichen Innerstetalsperre unter Berücksichtigung der Kersanite im Bereich des kleinen Trogtaler Berges. — Dipl.-Kartierung, 32 S., Inst. f. Geowissenschaften, TU Braunschweig.
- KERNDORFF, H. & SCHNITZER, M. (1980): Sorption of metals on humic acid. — *Geochim. Cosmochim. Acta*, **44**:1701 - 1708, Oxford.
- KLOKE, A. (1980): Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturböden. — *Mitt. Vdlufa*, **1-3**:9-11.
- KNOLLE, F. (1989): Harzbürtige Schwermetallkontaminationen in den Flußgebieten von Oker, Innerste, Leine und Aller. — *Beiträge z. Naturkunde Niedersachsens*, **42**:53 - 60.
- KOHLER, E. E. & MORTEANI, G. (1984): Bewertung des Tonbarrierekonzepts unter besonderer Berücksichtigung der Permeabilität und chemischen Reaktionen zwischen Tonmineralen und organischen Lösungen. — *Forschungsber. Nr. 102 03 409/01*, :85 S.
- KÖSTER, W. & D., M. (1980): Schwermetallgehalte von Grünlandböden in der Oker- und Alleraue. — *Landwirtschaft. Forsch. Sonderh.*, **37**:556-563.
- KÖSTER, W. & MERKEL, D. (1985): Schwermetalluntersuchungen landwirtschaftlich genutzter Böden und Pflanzen in Niedersachsen. — :175 S.
- KRAUME, E. (1948): Die geschichtliche Entwicklung der Erzaufbereitung im Harz. — *Erzmetall*, **1**:1-12, Stuttgart.
- KRÜGER, A., SCHNEIDER, B. & NEUMEISTER, H. (1995): Akkumulation und Transport von Schwermetallen in Böden des Bitterfelder Industriegebietes. — *Geoökodynamik*, **16**:25-56.
- LABO (1995): Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz - Hintergrund- und Referenzwerte für Böden. — In: ROSENKRANZ, EINSELE & HARRESS (Hrsg.): *Bodenschutz — Ergänzbare Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser*, Bd. 1.
- LAMPRECHT, H. (1984): Abbauleitplan für das Steinfeld. — *Abbauleitplan*, :83 S.
- LEHNEN, A. & LOTZE, T. (1993): Pedomische Kartierung von Kupferschieferhalden und deren Umgebung im Bergbaurevier Sangershausen. — Dipl.-Kartierung, 70 S., Inst. f. Geowissenschaften, TU Braunschweig.
- LINDSAY, W. L.: (1979): *Chemical Equilibria in Soils*. — New York (Wiley).
- LÖLF: (1988): Mindestuntersuchungsprogramm Kulturböden zur Gefährdungsabschätzung von Altablagerungen und Altstandorten im Hinblick auf eine landwirtschaftliche oder gärtnerische Nutzung. — Recklinghausen.

- LOOK, E. R. (1984): Geologie und Bergbau im Braunschweiger Land. — Geol. Jb., **78**:467 S., Hannover.
- LOTHENBACH, B., FURRER, G. & SCHULIN, R. (1997): Immobilization of heavy metals by polynuclear aluminium and montmorillonite compounds. — Environ. Sci. Technol., **31**:1452-1462.
- LOTZE, T. (1992): Untersuchungen der Bindungsformen von Schwermetallen in Kupferschieferhalden von Sangerhausen, unter besonderer Berücksichtigung ihres Schadstoffeintrages in Böden. — Dipl.-Arbeit, 172 S., Inst. f. Geowissenschaften, TU Braunschweig.
- MALZAHN, E.: (1970): Die Landkreise in Niedersachsen (Amtl. Kreisbeschreibg.) – Der Landkreis Goslar: Erdöl-, Erdgasprospektion. — Bd. 24. 35 - 38 S.; Bremen.
- MARSAL, D.: (1979): Statistische Methoden für Erdwissenschaftler. — 192 S.; Stuttgart (Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung).
- MATSCHULLAT, J.: (1989): Umweltgeologische Untersuchungen zu Veränderungen eines Ökosystems durch Luftschadstoffe und Gewässerversauerung (Sösemulde, Harz). — Bd. 4. 110 S.; Göttingen.
- MATSCHULLAT, J., HEINRICHS, H., SCHNEIDER, J. et al.: (1994): Gefahr für Ökosysteme und Wasserqualität. Ergebnisse interdisziplinärer Forschung im Harz. — 300 S.; New York, Tokio, Heidelberg (Springer).
- MATSCHULLAT, J., NIEHOFF, N. & PÖRTGE, K. H. (1991): Zur Element-Dispersion an Flußsedimenten der Oker (Niedersachsen); röntgenfluoreszenz-spektrometrische Untersuchungen. — Z. dt. geol. Ges., **142**:339-349, Hannover.
- MATSCHULLAT, J., NIEHOFF, N. & PÖRTGE, K. H. (1992): Bergbau- und Zivilisationsgeschichte des Harzes am Beispiel eines Auelehmpfils der Oker (Niedersachsen). — Neue Bergbautechnik, **8**:322-326.
- MCBRIDGE, M., SAUVE, S. & HENDERSHOT, W. (1997): Solubility control of cu, zn, cd and pb in contaminated soils. — European Journal of Soil Science, **48**:337-346.
- MEYER, C. F. G. (1822): Beiträge zur chronographischen Kenntnis des Flußgebietes der Innerste in den Fürstenthümern Grubenhagen und Hildesheim mit besonderer Rücksicht auf die Veränderungen, die durch diesen Strom in der Beschaffenheit des Bodens und in der Vegetation bewirkt worden sind. — 2 Anlagenbände zur „Flora des Königreichs Hannover“, Göttingen.
- MÜLLER, G. (1979): Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins. Veränderungen seit 1971. — Umschau, **79**, 24:778 - 783.
- MÜLLER, G. (1981): Die Schwermetallbelastung der Sedimente des Neckars und seiner Nebenflüsse: Eine Bestandsaufnahme. — Chemiker Zeitung, **6**:157-164.
- MÖLLER-LINDENHOF, N. & REINICKE, H. (1991): Problematik der standardisierung von schwermetallgehalten in sedimenten auf korngrößenfraktionen. — DGM, **35**:42-45.
- MOCHA, P., PETZOLD, B. & RÖSLER, A.: (1991): Die nordischen Gletscher am nordwestlichen Harzrand und ihre Stauseen. — Bd. 48. 159 S.; Köln (Sven von Loga).

- MÜCKENHAUSEN, E.: (1985): Die Bodenkunde und ihre geologischen, geomorphologischen, mineralogischen und petrologischen Grundlagen. — dritte Aufl., 579 S.; Frankfurt/Main (DLG).
- MÜLLER, G., YAHYA, A. & GENTNER, P. (1993): Die Schwermetalle der Sedimente des Neckars und seiner Zuflüsse: Bestandsaufnahme 1990 und Vergleich mit früheren Untersuchungen. — Heidelberg Geowissenschaft. Abh., **69**:1 - 91, Heidelberg.
- MUWANGA, A. (1997): Environmental impacts of Copper Mining at Kilembe, Uganda: A geochemical investigation of heavy metal pollution of drainage waters, stream sediments and soils in the Kilembe Valley in relation to mine waste disposal. — Braunschweiger geowiss. Arb., **21**:140 S.
- NALIMOV, V. V.: (1963): The Application of Mathematical Statistics to Chemical Analysis. — Oxford (Pergamon Press).
- NIEDERLÄNDISCHE LISTE (1995): Interventions- und Referenzwerte der Niederlande. — In: Richt- und Grenzwerte Luft-, Wasser- und Boden.
- NIEHOFF, N., MATSCHULLAT, J. & PÖRTGE, K.-H. (1992): Bronzezeitlicher Bergbau im Harz? — Berichte zur Denkmalspflege in Niedersachsen, **1/92**:12-15, Hannover.
- NOACK, U. & GORSLER, M. (1984): Schwermetalle in Ufersedimenten der Oker. — Mittlg. NLWA, **10**:1-40, Hildesheim.
- NOE, K. (1990): Korngrößenbezogene Methoden zur Erkennung und Bewertung anthropogener Schwermetallbelastungen in Böden - Fallbeispiel: Rhein-Neckar-Raum. — Diss., 184 S., Univ. Heidelberg, Heidelberg.
- NOWAK, H. & PREUL, F. (1971): Untersuchungen über Blei- und Zinkgehalte in Gewässern des Westharzes. — Beih. Geol. Jb., **105**:68 S., Hannover.
- PETTERSON, M., BROWN, G., PARKS, G. et al. (1997): Differential redox and sorption of Cr (III / VI) on natural silicate and oxide minerals: EXAFS and XANES results. — Geochim. Cosmochim. Acta, **61**:3399-3412, Oxford.
- PETTINE, M., D'OTTONE, L., CANELLA, L. et al. (1998): The reduction of chromium (VI) by iron (II) in aqueous solutions. — Geochim. Cosmochim. Acta, **62**:1509-1519.
- POSNER, H. (1950): Die Niederterrassen des Okertals als Klimazeugen. — Abh. Brschw. wiss. Ges., **2**:109-122, Braunschweig.
- REUTER, A. (1993): Statistikprogramme, interne Programmbeschreibungen. — Inst. f. Geowissenschaften, TU Braunschweig.
- REUTER, A. (1997): Isolde, Dokumentation zum Isolinenprogramm. — 8 S., Inst. f. Geowissenschaften, TU Braunschweig.
- ROOSTAI, A. H. (1997): Zur Geochemie der Oberflächengewässer des Brockenmassivs / Harz unter Berücksichtigung der Gewässerversorgung. — Erlanger Geol. Abhandlungen, **128**:190 S., Erlangen.

- ROOSTAI, A. H. & SIEWERS, U. A. (1993): Umweltgeochemische Untersuchungen im Oberharz. — In: Heidelberger Geowissenschaftliche Abhandlungen — Tagungsband: Geowissenschaftliche Umweltforschung, Nov. 93, Bd. 67, S. 126–128; Heidelberg.
- ROSENECK, R. (1992): Der Rammelsberg in Goslar — Bedeutung und Zukunftsperspektiven. — In: Bergbau und Hüttenwesen im und am Harz, S. 117– 128; Hannover (Hahn'sche Buchhandlung).
- SALOMOONS, W. & FÖRSTNER, U.: (1984): Metals in hydrocycle. — 349 S.; Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo (Springer).
- SAUER, M. & WALTER, C. (1998): Schwermetalle in Auelehmen der Bremer Wesermarsch: Geogene und anthropogene Gehalte. — Wasser u. Boden, **1/98**:35-37, Hamburg.
- SCHACK-KIRCHNER, H. (1994): Struktur und Gashaushalt von Waldböden. — Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme der Universität Göttingen, **A 112**.
- SCHAEFFER, F. & SCHACHTSCHABEL, P.: (1998): Lehrbuch der Bodenkunde. — 12. Aufl., 494 S.; Stuttgart (Enke).
- SCHOENWIESE, C. D.: (1985): Praktische Statistik. — 231 S.; Berlin, Stuttgart (Bornträger).
- SCHOER, J., NAGEL, U., EGGERSGLUESS, D. et al. (1982): Metal contents in sediments from the Elbe, Weser and Ems estuaries and from the German Bight (Southwestern North Sea): grain size effects. — Mitt. Geol.-Paläont. Inst. Univ. Hamburg, **52**:687 - 702, Hamburg.
- SCHROEDER, H.: (1932): Erläuterungen zur geologischen Karte von Preußen und benachbarten Bundesstaaten 1 : 25000, Blatt Vienenburg. — zweite Aufl., 104 S.; Berlin.
- SEDLAK, D. & CHAN, P. (1997): Reduction of hexavalent chromium by ferrous iron. — Geochim. Cosmochim. Acta, **61**:2185-2192.
- SEEDORF, H. H. & MEYER, H. H.: (1992): Landeskunde Niedersachsen. — 517 S.; Neumünster (Wachholtz).
- SEMMELE, A.: (1977): Grundzüge der Bodengeographie. — 119 S.; Stuttgart (Teubner).
- SHUMAN, L. M. & HARGROVE, W. L. (1985): Effect of Tillage on the Distribution of Manganese, Copper, Iron and Zinc in Soil Fractions. — Jour. Sci. Soc., **49**:1117 - 1121.
- SIEWERS, U. & ROOSTAI, A. H. (1990): Verbundforschung Fallstudie Harz: Schadstoffbelastung, Reaktion der Ökosphäre und Wasserqualität. Teilvorhaben 2: Schwermetallbilanz aus Emissionen und geogenem Anteil im Einzugsgebiet der Sösetalsperre/Harz. — Abschlußbericht des Forschungsvorhabens Bmft-Pbe-0339069C, :104 S., Hannover.
- SPOSITO, G.; LUND, L. J. & CHANG, A. C. (1982): Trace Metal Chemistry in Arid-Zone Field Soils amended with Sewage-Sludge: I. Fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd and Pb in Solid Phases. — Soil Sci. Soc. Am. J., **46**:260-264.
- STEFFEN, D. (1986): Die Bedeutung der Feinkornfraktion in niedersächsischen Küstensedimenten bei Schwermetalluntersuchungen. — Wasser und Boden, **12**:623-625.

- STEFFEN, D. (1989): Die Belastung der niedersächsischen Flußsedimente mit Schwermetallen. — Mitt. NLWA Hildesheim, **8**:16 S., Hildesheim.
- STIER, G. (1979): Geochemische Untersuchungen an Gesteinen, Böden und Gewässern des nördlichen Harzvorlandes sowie des Hils. — Diss., 237 S., Inst. f. Geologie und Paläontologie, TU Braunschweig, Braunschweig.
- TERMINGHOFF, E. J. M., ZEE, S. E. A. T. M., VAN DER & HAAN, F. . A. M., DE (1997): Copper Mobility in a Copper-Contaminated Sandy Soil as Affected by pH and Solid and Dissolved Organic Matter. — Environ. Sci. Technol., **31**:1109 - 1115.
- TESSIER, A., CANDBELL, P. G. C. & BISSON, M. (1979): Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. — Anal. Chem., **51**, 7:844-851.
- THOMPSON, M. & WALSH, J. N.: (1983): A handbook of inductively coupled plasma emission. — 273 S.; Glasgow, London (Blackie).
- TUCKER, M.: (1988): Techniques in Sedimentology. — 354 S.; Oxford.
- TUREKIAN, K. W. & WEDEPOHL, K. H. (1961): Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. — Bull. Geol. Soc. Am., **72**:175-192.
- SAND, M., VAN DE & FISCHER, W. (1996): Die Bedeutung amorpher Al-Verbindungen für Al-Freisetzungsraten in carbonatfreien, sandigen Böden. — Z. Pflanzenernähr. Bodenk., **159**:365-371, Weinheim.
- VEEN, A., VAN DER (2003): Schwefelspeziation und assoziierte Metalle in rezenten Sedimenten. — Diss., 210 S., Inst. f. Geowissenschaften, TU Braunschweig.
- WALTER, R. (1992): Geologie von Mitteleuropa. — :651 S., Stuttgart.
- WENZEL, W., ALGE, G., BLUM, W. et al. (1996): Seasonal and spatial variation of extractable trace metal fractions in topsoils under mixed forest. — Z. Pflanzenernähr. Bodenk., **159**:333-336, Weinheim.
- WITTBRODT, P. & PALMER, C. D. (1996): Reduction of Cr (VI) by soil humic acids. — European Journal of Soil Science, **47**:151 - 162.
- WOLDSTEDT, P. & DUPHORN, K.: (1974): Norddeutschland und angrenzende Gebiete im Eiszeitalter. — 500 S.; Stuttgart (Kohler).
- WUNDERLICH, H. G. (1953): Bau und Entwicklung des Harznordrandes bei Bad Harzburg. — Geol. Rdsch., **41**:200 - 224, Stuttgart.
- ZACHMANN, D. (1990): Verteilung und Akkumulation der Schwermetalle Blei, Cadmium, Kupfer und Zink in Waldböden des Westharzes - bisheriger Kenntnisstand und Beurteilung möglicher ökologischer Auswirkungen auf das Waldwachstum. — Unveröff. Gutachten, im Auftrage des Nieders. Forstplanungsamtes, 22 S..
- ZACHMANN, D. (1991): Interner standard. — .
- ZACHMANN, D. & BLOCK, R. (1994): Studies of the availability of toxic heavy elements in soils and sediments in the vicinity of a lead smelting site (Germany). — Water, Air and Soil Pollution, **78**.

- ZACHMANN, D. & EGGERS, B. (1986): Untersuchungen zur Schwermetallbelastung (Pb, Zn, Cd, Cu) in Böden des Klostersgutes Heiningen. — Unveröff. Gutachten, 9 S..
- ZEIEN, H. & BRÜMMER, G. W. (1989): Chemische Extraktionen zur Bestimmung von Schwermetallbindungsformen in Böden. — Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges., Sonderheft, **59/1**:505-510.
- ZEIEN, H. & BRÜMMER, G. W. (1991): Chemische Extraktionen zur Bestimmung von Schwermetallbindungsformen in Böden. — Abschlußbericht des Teilprojektes B: 29-52.

Inhaltsverzeichnis

Anhang	A-1
A Gesamtproben	A-1
A.1 Meßwerte Gesamtproben	A-1
A.2 Deskriptive Statistik Gesamtproben	A-20
A.3 χ^2 -Test	A-23
A.4 Häufigkeitsverteilungen Gesamtproben	A-25
A.4.1 Häufigkeitsverteilungen Gesamtproben Fläche	A-25
A.4.2 Häufigkeitsverteilungen Gesamtproben Teufe	A-38
A.5 Korrelationsmatrix Gesamtproben	A-42
A.6 F- und T-Test	A-47
A.7 Scattergrams Gesamtproben	A-58
A.7.1 Scattergrams Gesamtproben Fläche	A-58
A.7.2 Scattergrams Gesamtproben Teufe	A-86
B Ausgewählte Proben	B-1
B.1 Meßwerte ausgewählte Proben	B-1
B.1.1 Feinsandfraktion	B-1
B.1.2 Tonfraktion	B-2
B.2 Deskriptive Statistik ausgewählte Proben	B-3
B.2.1 Feinsandfraktion	B-3
B.2.2 Tonfraktion	B-6
B.3 Korrelationsmatrix ausgewählte Proben	B-10
B.3.1 Korrelationsmatrix ausgewählte Proben Feinsandfraktion	B-10
B.3.2 Korrelationsmatrix ausgewählte Proben Tonfraktion	B-13
B.4 Scattergrams ausgewählte Proben	B-16
B.5 Faktorenanalyse	B-22
C Geochemische Kartierung	C-1
C.1 Probenpunktkarten	C-1
C.2 pH- und Elementverteilungskarten	C-6
D Sequentielle Elution	D-1
D.1 Elutionsschritte	D-1
D.2 Wiederfindungsraten	D-3
E Sedimentpetrographische Arbeiten	E-1
E.1 Prozentualer Anteils der < 63 μ -Fraktion	E-1
E.2 Meßwerte Feinsand- und Tonfraktion inclusive agglutiniertes < 63 μ -Fraktion	E-15

F	Röntgenphasenanalyse	F-1
F.1	Auswertung der Röntgendiffraktogramme	F-1
F.2	Zusammensetzung der tonmineralogischen Phasen	F-1
F.3	Röntgendiffraktogramme	F-4
G	Bohrprotokolle	G-1

A Gesamtproben

A.1 Meßwerte Gesamtproben

UG	Bhz	Bez	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	Rechtsw.	Hochw.
HA	A _p	111	7,70	**4384,03	**3641,06	18,09	**665,56	4401,120	5770,173
HA	A _p	121	**7,50	3978,72	2775,98	16,34	558,44	4401,145	5770,176
HA	A _p	131	8,10	3955,71	2826,26	14,98	581,96	4401,170	5770,179
HA	A _p	141	7,70	3904,23	2698,82	18,05	573,89	4401,195	5770,182
HA	A _p	151	7,80	3737,60	2726,03	16,64	568,00	4401,220	5770,185
HA	A _p	161	7,70	3375,63	**2111,90	13,67	466,75	4401,245	5770,188
HA	A _p	171	7,70	3063,04	**2001,08	12,30	413,66	4401,270	5770,191
HA	A _p	211	**7,50	**4044,57	3201,05	16,89	593,42	4401,100	5770,150
HA	A _p	221	7,80	**4120,85	3091,10	16,88	591,67	4401,125	5770,153
HA	A _p	231	7,80	**4154,72	2975,52	16,01	600,79	4401,150	5770,156
HA	A _p	241	7,90	3523,57	2567,50	14,47	491,36	4401,175	5770,159
HA	A _p	251	8,00	3560,87	2371,66	14,43	535,34	4401,200	5770,162
HA	A _p	261	7,90	3686,41	2444,93	17,32	*685,87	4401,225	5770,165
HA	A _p	271	7,80	3602,65	2436,11	17,17	*826,36	4401,250	5770,168
HA	A _p	311	7,80	**4376,30	3086,66	18,14	*928,18	4401,070	5770,126
HA	A _p	321	7,80	**4255,22	3197,50	16,94	*711,04	4401,095	5770,129
HA	A _p	331	7,80	3882,65	3106,82	15,86	620,30	4401,120	5770,132
HA	A _p	341	7,80	3881,59	2978,37	16,03	577,25	4401,145	5770,135
HA	A _p	351	7,90	3734,13	2739,63	15,13	547,93	4401,170	5770,138
HA	A _p	361	7,90	3511,26	2305,05	14,15	503,28	4401,190	5770,141
HA	A _p	371	7,90	3503,47	2196,18	15,09	478,84	4401,215	5770,144
HA	A _p	381	7,80	3659,17	2198,23	15,89	468,87	4401,240	5770,147
HA	A _p	411	7,90	**4357,71	3250,66	18,20	607,83	4401,065	5770,099
HA	A _p	421	8,00	**4258,43	3029,11	16,06	548,67	4401,090	5770,102
HA	A _p	431	7,90	3770,29	2844,82	13,92	543,08	4401,105	5770,105
HA	A _p	441	7,90	**4245,03	2986,98	**20,22	573,42	4401,130	5770,108
HA	A _p	451	8,10	3489,50	2398,82	12,72	518,07	4401,155	5770,111
HA	A _p	461	8,20	3434,63	2429,93	13,58	510,97	4401,180	5770,114
HA	A _p	471	8,10	3465,21	2440,64	12,60	509,42	4401,205	5770,117
HA	A _p	481	8,10	3274,33	2312,78	17,43	441,66	4401,230	5770,120
HA	A _p	511	8,00	**4412,99	**3467,16	**19,04	608,96	4401,055	5770,083
HA	A _p	521	8,00	**4131,01	3221,72	15,07	569,69	4401,080	5770,085
HA	A _p	531	8,00	4011,24	2949,87	13,81	527,07	4401,105	5770,087
HA	A _p	541	8,00	3692,06	2726,21	14,97	536,79	4401,130	5770,089
HA	A _p	551	8,00	3640,66	2530,89	13,57	539,85	4401,155	5770,091
HA	A _p	561	8,20	3504,18	2507,22	13,41	532,70	4401,180	5770,093
HA	A _p	571	8,10	3150,52	**2123,58	11,72	454,91	4401,205	5770,095
HA	A _p	581	8,00	**2969,03	**2050,80	12,30	410,17	4401,230	5770,097
HA	A _p	611	8,00	**4491,89	3289,22	18,07	610,22	4401,045	5770,057
HA	A _p	621	8,20	3678,05	2715,81	15,64	478,68	4401,070	5770,060
HA	A _p	631	8,20	3262,97	2669,97	12,74	449,44	4401,095	5770,063
HA	A _p	641	8,30	3159,65	2579,28	11,67	434,42	4401,120	5770,067
HA	A _p	651	8,30	3437,39	2801,31	12,70	503,53	4401,145	5770,070
HA	A _p	661	8,40	3120,00	2370,20	11,21	435,82	4401,170	5770,073
HA	A _p	671	8,50	**2975,85	2396,76	11,58	*184,32	4401,185	5770,077
HA	A _p	681	8,10	**2842,28	2451,39	**10,17	453,95	4401,210	5770,080
HA	A _p	711	8,20	3614,64	2988,33	16,60	525,35	4401,035	5770,033
HA	A _p	721	8,60	3516,49	2729,56	14,70	494,81	4401,060	5770,036
HA	A _p	731	**8,80	3496,69	2769,18	14,39	489,32	4401,085	5770,039
HA	A _p	741	**8,90	3442,18	2706,11	12,32	491,69	4401,110	5770,042
HA	A _p	751	**8,80	3216,92	2637,11	11,69	474,01	4401,135	5770,045
HA	A _p	761	8,20	3123,58	2378,43	11,07	438,24	4401,140	5770,048

*: signifikante Ausreißer, **: hochsignifikante Ausreißer

UG	Bhz	Bez	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	Rechtsw.	Hochw.
HA	A _p	771	8,50	3136,61	2479,31	11,79	449,76	4401,165	5770,051
HA	A _p	781	8,50	3142,20	2584,08	11,23	496,40	4401,190	5770,054
HA	A _p	811	**8,70	3553,92	2772,21	15,33	542,96	4401,020	5770,005
HA	A _p	821	7,80	3464,68	2741,68	14,50	495,38	4401,045	5770,008
HA	A _p	831	8,40	3430,74	2807,13	13,03	472,94	4401,070	5770,011
HA	A _p	841	8,30	3649,45	3086,34	14,34	509,87	4401,095	5770,014
HA	A _p	851	8,10	3284,79	2747,13	11,74	469,22	4401,120	5770,017
HA	A _p	861	8,30	3456,17	2492,63	11,14	434,52	4401,145	5770,020
HA	A _p	871	8,40	**2869,74	2303,06	**10,19	411,94	4401,170	5770,023
HA	A _p	881	8,40	3263,87	2589,44	12,71	532,37	4401,180	5770,026
HA	A _p	911	8,30	3563,31	3137,77	13,79	528,55	4401,010	5769,977
HA	A _p	921	8,50	3482,11	3072,98	14,65	516,28	4401,035	5769,980
HA	A _p	931	8,50	3902,19	3157,26	15,23	572,19	4401,060	5769,983
HA	A _p	941	8,40	3635,69	3065,17	13,16	616,86	4401,085	5769,986
HA	A _p	951	8,30	3647,19	3109,68	13,15	539,10	4401,110	5769,989
HA	A _p	961	8,50	3556,65	3210,39	12,90	617,21	4401,135	5769,992
HA	A _p	971	8,50	3150,89	2559,97	11,19	436,42	4401,150	5769,995
HA	A _p	981	8,50	3480,36	3155,61	13,57	453,49	4401,170	5769,998
HA	A _p	1011	8,40	3952,09	3240,48	16,53	596,47	4401,000	5769,950
HA	A _p	1021	8,60	3364,53	2852,83	13,81	*336,14	4401,025	5769,953
HA	A _p	1031	8,50	3611,15	3069,60	13,84	419,63	4401,050	5769,956
HA	A _p	1041	8,50	3626,36	2996,80	12,81	491,36	4401,075	5769,959
HA	A _p	1051	8,50	3839,54	3122,61	16,13	583,31	4401,100	5769,962
HA	A _p	1061	8,30	**4600,45	2807,80	13,58	576,60	4401,125	5769,965
HA	A _p	1071	8,00	3795,85	2220,68	11,92	428,94	4401,140	5769,968
HA	A _p	1081	8,50	3612,13	2698,01	14,99	555,06	4401,160	5769,971
HA	G _o	112	7,90	3787,57	2764,45	12,39	529,59	4401,120	5770,173
HA	G _o	122	*7,00	3379,82	2209,67	12,23	486,69	4401,145	5770,176
HA	G _o	132	8,20	3483,74	2154,25	12,18	448,02	4401,170	5770,179
HA	G _o	142	8,10	3084,91	1856,80	13,10	**350,72	4401,195	5770,182
HA	G _o	152	8,00	3091,44	1911,36	11,50	**400,16	4401,220	5770,185
HA	G _o	162	7,90	3352,91	2066,70	13,63	459,41	4401,245	5770,188
HA	G _o	172	**7,70	3102,74	2364,06	11,69	430,40	4401,270	5770,191
HA	G _o	212	*6,90	**4059,02	**1474,72	**21,15	552,67	4401,100	5770,150
HA	G _o	222	8,00	3794,39	2660,35	13,85	491,26	4401,125	5770,153
HA	G _o	232	8,00	**4330,30	3067,28	**16,79	**582,99	4401,150	5770,156
HA	G _o	242	8,10	3692,84	2504,64	14,34	497,62	4401,175	5770,159
HA	G _o	252	8,30	3460,29	2052,54	13,35	444,92	4401,200	5770,162
HA	G _o	262	8,00	3450,37	2348,65	13,49	**666,96	4401,225	5770,165
HA	G _o	272	**7,60	3430,27	2613,53	14,44	*900,06	4401,250	5770,168
HA	G _o	312	**7,80	**4396,54	3251,44	**17,70	**826,26	4401,070	5770,126
HA	G _o	322	8,00	**4678,85	3105,98	*22,28	**660,70	4401,095	5770,129
HA	G _o	332	8,00	3351,74	2377,50	12,66	444,66	4401,120	5770,132
HA	G _o	342	8,00	3371,09	2495,00	13,90	497,92	4401,145	5770,135
HA	G _o	352	8,00	3466,61	2343,32	13,32	482,88	4401,170	5770,138
HA	G _o	363	*7,10	3819,93	2534,94	**15,74	498,98	4401,190	5770,141
HA	G _o	373	8,20	3439,85	2292,26	14,20	492,87	4401,215	5770,144
HA	G _o	382	8,10	3266,27	2046,56	13,10	440,87	4401,240	5770,147
HA	G _o	412	8,00	*5500,18	3148,30	*22,81	556,63	4401,065	5770,099
HA	G _o	422	8,10	**3964,15	2873,93	15,15	526,07	4401,090	5770,102
HA	G _o	432	8,20	3765,17	2825,21	13,92	526,88	4401,105	5770,105
HA	G _o	442	8,30	3476,68	2279,80	12,92	477,82	4401,130	5770,108
HA	G _o	453	8,00	3552,30	2333,18	12,17	496,00	4401,155	5770,111
HA	G _o	464	8,30	3588,27	2581,93	13,43	562,33	4401,180	5770,114
HA	G _o	472	8,50	3467,01	2447,84	13,88	515,12	4401,205	5770,117
HA	G _o	482	8,50	**2979,91	2033,37	14,30	**400,76	4401,23	5770,120
HA	G _o	512	8,20	**4336,17	2276,61	**19,24	**420,42	4401,055	5770,083

*: signifikante Ausreißer, **: hochsignifikante Ausreißer

UG	Bhz	Bez	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	Rechtsw.	Hochw.
HA	G _o	522	8,40	3297,89	2465,68	11,57	465,29	4401,080	5770,085
HA	G _o	532	8,20	** 4177,86	2919,73	14,82	484,42	4401,105	5770,087
HA	G _o	542	8,30	3250,44	2043,30	10,77	** 409,50	4401,130	5770,089
HA	G _o	552	8,30	3432,14	2548,26	12,49	485,89	4401,155	5770,091
HA	G _o	562	8,50	3650,21	2484,25	14,15	500,75	4401,180	5770,093
HA	G _o	572	8,50	3372,72	2426,11	14,26	496,80	4401,205	5770,095
HA	G _o	582	8,40	3420,98	3208,63	** 10,35	569,28	4401,230	5770,097
HA	G _o	612	8,10	* 5988,54	** 3696,24	* 25,81	** 677,90	4401,045	5770,057
HA	G _o	622	8,00	** 4418,75	2787,79	* 22,86	** 592,72	4401,070	5770,060
HA	G _o	633	8,40	3514,47	** 3432,96	13,07	550,27	4401,095	5770,063
HA	G _o	642	8,40	3723,81	** 3659,68	** 16,15	** 605,84	4401,120	5770,067
HA	G _o	653	8,50	3380,14	3331,75	11,03	491,09	4401,145	5770,070
HA	G _o	663	8,50	** 2387,99	2099,98	** 9,75	** 317,16	4401,170	5770,073
HA	G _o	673	8,30	** 2802,17	1845,27	10,94	** 345,81	4401,185	5770,077
HA	G _o	682	8,10	** 2746,96	2208,59	** 9,54	434,80	4401,210	5770,080
HA	G _o	713	8,20	** 5111,74	3058,60	** 19,55	480,52	4401,035	5770,033
HA	G _o	722	7,90	** 4580,06	** 4460,18	** 19,84	** 759,25	4401,060	5770,036
HA	G _o	732	8,70	** 4827,75	** 4748,07	** 17,07	** 771,12	4401,085	5770,039
HA	G _o	742	** 8,80	** 4778,54	* 4967,63	** 21,21	* 914,48	4401,110	5770,042
HA	G _o	753	* 9,10	* 1811,14	* 588,42	** 8,26	* 117,17	4401,135	5770,045
HA	G _o	763	8,50	** 2495,37	** 1538,71	** 8,78	** 285,45	4401,140	5770,048
HA	G _o	772	** 8,80	** 2677,76	1863,22	** 7,94	** 360,93	4401,165	5770,051
HA	G _o	782	8,60	3203,46	2835,11	11,56	503,80	4401,190	5770,054
HA	G _o	812	8,50	* 6863,67	** 3895,89	* 43,76	** 859,36	4401,020	5770,005
HA	G _o	822	7,90	** 4890,21	* 5068,62	* 27,53	** 739,78	4401,045	5770,008
HA	G _o	832	8,00	3401,31	3242,88	12,99	505,10	4401,070	5770,011
HA	G _o	842	8,50	3862,18	** 4156,25	13,95	** 689,76	4401,095	5770,014
HA	G _o	852	8,20	3188,56	2750,78	11,34	513,87	4401,120	5770,017
HA	G _o	862	8,50	3563,91	2732,19	11,80	538,98	4401,145	5770,020
HA	G _o	873	8,50	3367,38	3087,92	12,40	503,35	4401,170	5770,023
HA	G _o	882	8,40	3408,51	2802,48	12,74	559,18	4401,180	5770,026
HA	G _o	912	8,10	** 4340,84	** 4311,98	** 18,86	** 610,74	4401,010	5769,977
HA	G _o	922	8,40	** 4700,31	** 3733,95	** 17,60	** 660,85	4401,035	5769,980
HA	G _o	932	8,20	** 4409,98	** 4019,31	** 17,56	** 840,87	4401,060	5769,983
HA	G _o	942	8,40	3762,40	3319,51	13,65	** 757,37	4401,085	5769,986
HA	G _o	952	** 7,60	** 4093,62	** 3621,42	** 17,95	** 668,95	4401,110	5769,989
HA	G _o	962	8,50	3550,23	2816,67	12,62	** 630,10	4401,135	5769,992
HA	G _o	972	8,50	3354,74	3216,74	13,03	541,51	4401,150	5769,995
HA	G _o	982	** 8,80	3083,62	3129,72	11,64	345,51	4401,170	5769,998
HA	G _o	1012	8,50	4090,30	3835,53	20,56	524,02	4401,000	5769,950
HA	G _o	1022	8,50	** 4462,75	** 3678,92	** 19,38	565,88	4401,025	5769,953
HA	G _o	1032	8,60	** 4031,55	** 3809,16	** 16,99	** 613,83	4401,050	5769,956
HA	G _o	1042	8,60	3807,91	** 4406,09	12,93	** 843,24	4401,075	5769,959
HA	G _o	1052	8,50	** 4018,68	** 3862,90	15,25	** 793,66	4401,100	5769,962
HA	G _o	1062	8,60	** 4935,34	2979,81	14,82	** 609,05	4401,125	5769,965
HA	G _o	1072	** 8,80	** 4228,60	2046,87	11,17	443,16	4401,140	5769,968
HA	G _o	1082	8,60	3781,96	2959,10	14,38	** 685,50	4401,160	5769,971
HA	G _{ro}	113	** 6,70	3975,06	1194,46	* 22,41	243,10	4401,120	5770,173
HA	G _{ro}	124	** 7,00	4421,46	1178,81	16,11	208,41	4401,145	5770,176
HA	G _{ro}	163	** 7,20	3231,63	3185,58	13,82	534,65	4401,245	5770,188
HA	G _{ro}	275	** 5,80	2469,62	1223,85	13,29	212,45	4401,250	5770,168
HA	G _{ro}	314	* 6,50	2955,75	480,64	11,53	142,75	4401,070	5770,126
HA	G _{ro}	374	7,90	3906,94	2445,07	15,76	526,00	4401,215	5770,144
HA	G _{ro}	383	8,20	3220,46	2212,76	13,98	444,40	4401,240	5770,147
HA	G _{ro}	423	** 7,30	* 1409,81	619,93	** 8,39	89,55	4401,090	5770,102
HA	G _{ro}	473	8,30	4062,35	3599,66	** 20,39	588,41	4401,205	5770,117

*: signifikante Ausreißer, **: hochsignifikante Ausreißer

UG	Bhz	Bez	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	Rechtsw.	Hochw.
HA	G _{ro}	483	8,00	3032,52	2105,70	12,07	372,13	4401,230	5770,120
HA	G _{ro}	553	-1,00	-1,00	1221,00	-1,00	-1,00	4401,155	5770,091
HA	G _{ro}	583	8,10	3469,96	2792,08	12,28	524,99	4401,230	5770,097
HA	G _{ro}	613	7,30	3515,19	2346,19	15,16	439,14	4401,045	5770,057
HA	G _{ro}	643	8,50	3306,84	2943,19	15,33	498,75	4401,120	5770,067
HA	G _{ro}	684	**7,50	2552,23	1993,73	10,03	350,28	4401,210	5770,080
HA	G _{ro}	734	8,50	4647,99	*2065,30	**25,01	571,92	4401,085	5770,039
HA	G _{ro}	743	**9,10	3072,19	1528,34	13,04	344,18	4401,110	5770,042
HA	G _{ro}	774	8,70	2964,31	1003,80	11,17	224,36	4401,165	5770,051
HA	G _{ro}	784	8,60	3897,25	1226,94	**19,14	275,25	4401,190	5770,054
HA	G _{ro}	823	8,20	-1,00	2596,34	16,05	465,39	4401,045	5770,008
HA	G _{ro}	833	7,80	4362,93	3984,50	**17,31	551,91	4401,070	5770,011
HA	G _{ro}	844	7,80	3808,66	2684,36	**17,96	523,92	4401,095	5770,014
HA	G _{ro}	853	8,20	3359,85	3095,16	12,58	589,55	4401,120	5770,017
HA	G _{ro}	863	7,90	2509,39	1618,31	10,48	292,65	4401,145	5770,020
HA	G _{ro}	874	8,50	2373,82	673,95	10,36	151,06	4401,170	5770,023
HA	G _{ro}	883	8,20	3097,16	2793,25	12,67	465,73	4401,180	5770,026
HA	G _{ro}	913	7,80	*564,47	304,44	**6,71	56,02	4401,010	5769,977
HA	G _{ro}	923	8,00	3977,36	2522,61	*18,90	469,45	4401,035	5769,980
HA	G _{ro}	933	8,00	3967,08	4434,21	14,46	806,12	4401,060	5769,983
HA	G _{ro}	943	7,90	3493,29	2915,76	16,45	536,87	4401,085	5769,986
HA	G _{ro}	953	*6,20	*7182,53	3597,14	*56,53	**1004,68	4401,110	5769,989
HA	G _{ro}	963	7,70	2995,68	1604,11	13,61	407,40	4401,135	5769,992
HA	G _{ro}	973	8,60	3821,85	3358,76	15,39	683,04	4401,150	5769,995
HA	G _{ro}	983	**7,20	3263,07	3546,73	12,16	375,98	4401,170	5769,998
HA	G _{ro}	1013	8,10	2570,98	1989,90	13,65	390,87	4401,000	5769,950
HA	G _{ro}	1024	8,00	2537,79	2038,10	14,87	42,93	4401,025	5769,953
HA	G _{ro}	1033	8,50	4406,58	4134,22	*17,88	774,01	4401,050	5769,956
HA	G _{ro}	1043	8,40	4025,83	3811,67	13,82	834,63	4401,075	5769,959
HA	G _{ro}	1054	8,40	3880,61	2651,27	14,07	667,43	4401,100	5769,962
HA	G _{ro}	1063	8,00	*6114,60	2934,11	**20,59	638,79	4401,125	5769,965
HA	G _{ro}	1073	8,00	**4877,22	1598,75	12,20	485,74	4401,140	5769,968
HA	G _{ro}	1083	8,70	3797,10	3334,63	14,67	629,28	4401,160	5769,971
HA	G _{or}	115	**5,90	**1962,20	349,36	8,12	**89,91	4401,120	5770,173
HA	G _{or}	125	6,80	**2621,94	284,50	**11,50	**84,75	4401,145	5770,176
HA	G _{or}	133	**6,10	*4251,24	*4495,86	*18,00	*624,05	4401,170	5770,179
HA	G _{or}	143	**5,80	**2483,81	**1089,14	**11,92	**114,97	4401,195	5770,182
HA	G _{or}	154	**5,70	**2159,90	**541,03	**11,26	**81,77	4401,220	5770,185
HA	G _{or}	164	**5,50	370,41	171,29	5,20	33,93	4401,245	5770,188
HA	G _{or}	174	6,40	*4438,21	*3748,86	*20,57	*699,19	4401,270	5770,191
HA	G _{or}	214	6,50	**1882,95	343,07	9,14	**79,13	4401,100	5770,150
HA	G _{or}	224	6,20	769,06	135,47	6,50	31,99	4401,125	5770,153
HA	G _{or}	234	6,00	1111,85	391,97	7,97	46,21	4401,150	5770,156
HA	G _{or}	244	6,90	1141,48	**662,44	8,32	**74,83	4401,175	5770,159
HA	G _{or}	254	6,90	**2099,25	*1310,97	**11,76	**220,38	4401,200	5770,162
HA	G _{or}	265	6,10	**1929,75	**1081,15	9,33	**216,70	4401,225	5770,165
HA	G _{or}	276	**5,70	**2371,37	370,68	9,06	**149,16	4401,250	5770,168
HA	G _{or}	323	6,70	582,08	127,27	5,62	30,63	4401,095	5770,129
HA	G _{or}	333	**8,10	904,65	264,75	7,59	**61,03	4401,120	5770,132
HA	G _{or}	343	7,00	**2890,55	*1646,65	*13,51	**224,21	4401,145	5770,135
HA	G _{or}	354	6,90	**1492,58	**737,92	8,46	**76,54	4401,170	5770,138
HA	G _{or}	364	6,80	*2354,17	*1310,56	**14,65	**214,17	4401,190	5770,141
HA	G _{or}	375	6,30	**2537,13	**941,52	*14,46	**117,94	4401,215	5770,144
HA	G _{or}	385	6,10	1150,72	362,40	6,19	45,60	4401,240	5770,147
HA	G _{or}	413	**7,50	559,67	132,40	7,98	29,76	4401,065	5770,099
HA	G _{or}	425	6,80	126,61	79,26	4,71	19,83	4401,090	5770,102
HA	G _{or}	433	**7,40	**2672,68	*1734,58	**11,86	*264,62	4401,105	5770,105

* : signifikante Ausreißer, ** : hochsignifikante Ausreißer

UG	Bhz	Bez	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	Rechtsw.	Hochw.
HA	G _{or}	445	6,80	329,28	103,80	6,52	24,96	4401,130	5770,108
HA	G _{or}	456	6,40	491,04	130,86	5,98	23,04	4401,155	5770,111
HA	G _{or}	468	6,30	**1230,38	455,40	8,10	55,31	4401,180	5770,114
HA	G _{or}	475	6,70	**1797,79	**792,12	9,32	**120,80	4401,205	5770,117
HA	G _{or}	485	6,70	**1868,07	**1018,02	**10,55	**177,98	4401,230	5770,120
HA	G _{or}	514	6,20	590,82	177,03	7,84	31,98	4401,055	5770,083
HA	G _{or}	523	6,40	**1334,73	**994,96	**9,78	**159,58	4401,080	5770,085
HA	G _{or}	533	**7,50	**2019,33	*1515,96	**10,42	**233,48	4401,105	5770,087
HA	G _{or}	545	6,60	800,87	**527,51	6,16	52,51	4401,130	5770,089
HA	G _{or}	554	6,60	929,83	414,32	7,04	44,56	4401,155	5770,091
HA	G _{or}	564	*8,60	794,28	435,27	6,52	41,32	4401,180	5770,093
HA	G _{or}	575	7,10	**1453,50	**822,32	7,51	**113,94	4401,205	5770,095
HA	G _{or}	584	**7,40	**2553,94	**1116,53	**11,35	*337,25	4401,230	5770,097
HA	G _{or}	614	6,50	1156,80	256,89	7,68	46,18	4401,045	5770,057
HA	G _{or}	623	6,90	1066,75	454,44	8,39	**105,46	4401,070	5770,060
HA	G _{or}	635	6,30	671,79	419,44	7,93	42,80	4401,095	5770,063
HA	G _{or}	644	**7,70	631,73	380,23	6,60	41,40	4401,120	5770,067
HA	G _{or}	656	6,90	649,73	446,35	6,36	48,75	4401,145	5770,070
HA	G _{or}	664	**7,30	467,32	175,88	6,01	26,72	4401,170	5770,073
HA	G _{or}	674	**8,10	529,33	323,77	5,04	29,09	4401,185	5770,077
HA	G _{or}	685	6,90	**1971,21	**819,33	8,27	**162,98	4401,210	5770,080
HA	G _{or}	714	6,80	631,91	237,94	6,66	46,95	4401,035	5770,033
HA	G _{or}	724	**7,50	279,30	79,73	4,71	18,55	4401,060	5770,036
HA	G _{or}	735	6,60	328,17	135,74	6,95	28,92	4401,085	5770,039
HA	G _{or}	745	6,10	473,22	147,74	6,51	22,56	4401,110	5770,042
HA	G _{or}	755	**7,90	631,18	178,74	6,08	26,82	4401,135	5770,045
HA	G _{or}	765	**7,80	244,33	94,76	5,24	22,53	4401,140	5770,048
HA	G _{or}	775	6,80	616,66	375,57	5,07	38,82	4401,165	5770,051
HA	G _{or}	785	7,20	1046,84	385,18	6,05	50,84	4401,190	5770,054
HA	G _{or}	814	**8,00	438,18	143,27	6,72	29,67	4401,020	5770,005
HA	G _{or}	824	6,50	291,61	123,40	4,65	24,95	4401,045	5770,008
HA	G _{or}	834	7,00	**1477,31	**683,27	8,73	**94,37	4401,070	5770,011
HA	G _{or}	846	6,00	547,04	125,04	6,60	28,08	4401,095	5770,014
HA	G _{or}	854	6,60	851,05	378,75	7,26	46,42	4401,120	5770,017
HA	G _{or}	864	**7,70	1169,39	340,94	7,69	42,65	4401,145	5770,020
HA	G _{or}	875	7,00	701,97	190,60	6,13	27,07	4401,170	5770,023
HA	G _{or}	884	6,70	836,63	432,29	5,29	49,58	4401,180	5770,026
HA	G _{or}	914	**7,80	192,74	133,10	6,06	31,76	4401,010	5769,977
HA	G _{or}	924	**7,80	236,87	92,31	5,43	24,39	4401,035	5769,980
HA	G _{or}	934	**7,60	666,53	238,72	6,38	46,72	4401,060	5769,983
HA	G _{or}	944	7,00	1151,81	216,92	8,73	47,93	4401,085	5769,986
HA	G _{or}	954	6,10	707,73	248,79	8,31	41,03	4401,110	5769,989
HA	G _{or}	964	6,50	596,34	181,13	7,41	29,77	4401,135	5769,992
HA	G _{or}	974	**8,00	730,73	276,65	7,12	-1,00	4401,150	5769,995
HA	G _{or}	984	6,80	**1840,22	1001,85	8,15	**194,99	4401,170	5769,998
HA	G _{or}	1015	7,20	103,70	72,00	5,18	28,97	4401,000	5769,950
HA	G _{or}	1025	6,70	358,34	89,98	6,48	-1,00	4401,025	5769,953
HA	G _{or}	1034	**7,90	480,20	118,95	7,70	-1,00	4401,050	5769,956
HA	G _{or}	1044	6,50	870,12	181,53	7,40	-1,00	4401,075	5769,959
HA	G _{or}	1055	7,00	**1990,41	**559,13	7,84	**180,55	4401,100	5769,962
HA	G _{or}	1065	6,60	**2924,33	384,17	*13,22	**83,11	4401,125	5769,965
HA	G _{or}	1074	7,00	**1414,50	402,49	8,06	45,81	4401,140	5769,968
HA	G _{or}	1084	**7,60	**1754,39	**673,63	7,45	**117,68	4401,160	5769,971
HA	G _r	145	*5,10	*838,27	118,19	**7,39	22,85	4401,195	5770,182
HA	G _r	175	**5,70	*2553,99	*951,26	**9,02	*123,38	4401,270	5770,191
HA	G _r	225	**5,90	217,17	**49,58	5,55	18,82	4401,125	5770,153
HA	G _r	245	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	*71,00	4401,175	5770,159

*: signifikante Ausreißer, **: hochsignifikante Ausreißer

UG	Bhz	Bez	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	Rechtsw.	Hochw.
HA	G _r	255	6,50	*1262,53	*561,23	**8,84	*142,92	4401,200	5770,162
HA	G _r	266	6,80	*2882,28	*967,23	*14,27	*345,14	4401,225	5770,165
HA	G _r	315	6,40	*916,59	*252,91	6,10	*64,18	4401,070	5770,126
HA	G _r	355	6,90	*845,87	101,16	6,45	**34,11	4401,170	5770,138
HA	G _r	386	**5,80	300,32	**135,44	6,72	21,52	4401,240	5770,147
HA	G _r	414	6,50	203,60	90,67	4,81	17,21	4401,065	5770,099
HA	G _r	434	**6,10	354,43	**70,98	**4,35	13,92	4401,105	5770,105
HA	G _r	515	6,30	275,09	118,67	**7,75	24,49	4401,055	5770,083
HA	G _r	524	6,70	340,53	**168,00	**8,39	*48,67	4401,080	5770,085
HA	G _r	535	6,60	199,18	104,74	5,48	19,64	4401,105	5770,087
HA	G _r	555	6,80	317,16	83,37	6,76	21,15	4401,155	5770,091
HA	G _r	615	6,70	187,98	90,50	6,99	30,13	4401,045	5770,057
HA	G _r	716	6,80	134,79	68,07	**3,97	17,80	4401,035	5770,033
HA	G _r	725	7,30	205,49	**132,47	6,14	**38,56	4401,060	5770,036
HA	G _r	815	7,30	167,00	66,07	4,84	16,67	4401,020	5770,005
HA	G _r	825	6,40	133,08	91,62	5,40	27,26	4401,045	5770,008
HA	G _r	836	7,00	171,60	95,65	**3,59	21,70	4401,070	5770,011
HA	G _r	865	6,30	343,15	98,00	6,51	24,81	4401,145	5770,020
HA	G _r	925	6,80	98,62	74,84	5,51	25,38	4401,035	5769,980
HA	G _r	945	6,50	190,55	94,29	5,86	28,00	4401,085	5769,986
HA	G _r	965	6,60	265,17	**148,23	5,86	27,34	4401,135	5769,992
HA	G _r	1016	6,90	319,58	**190,65	6,33	**37,48	4401,000	5769,950
HA	G _r	1075	7,00	*477,63	98,98	6,00	22,88	4401,140	5769,968
HA	G _r	1085	7,20	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	4401,160	5769,971
HG	A _p	111	7,80	**2833,52	2371,98	11,23	**361,88	4401,270	5770,190
HG	A _p	121	**8,50	**2788,65	**2098,27	9,62	**370,67	4401,290	5770,210
HG	A _p	131	**7,20	**2922,54	2342,46	10,30	**385,29	4401,310	5770,220
HG	A _p	141	**8,40	3294,50	2442,48	10,32	494,48	4401,330	5770,230
HG	A _p	151	**8,40	3136,85	2276,05	9,90	**417,64	4401,350	5770,240
HG	A _p	161	7,80	3494,06	3024,31	12,18	528,73	4401,370	5770,250
HG	A _p	171	**8,10	3387,11	2681,56	11,35	497,99	4401,400	5770,260
HG	A _p	181	**8,10	3616,34	3107,30	11,45	533,51	4401,420	5770,270
HG	A _p	191	**8,30	3543,91	3260,18	11,04	515,38	4401,440	5770,280
HG	A _p	221	**8,30	**3079,14	2798,81	11,03	**419,97	4401,285	5770,175
HG	A _p	231	**8,10	**2796,66	**2177,35	9,38	**359,98	4401,305	5770,185
HG	A _p	241	7,50	**2835,14	2449,93	9,69	**362,45	4401,325	5770,195
HG	A _p	251	7,70	3289,05	2414,45	10,89	**468,93	4401,345	5770,205
HG	A _p	261	7,60	3333,76	2506,53	11,18	489,34	4401,365	5770,215
HG	A _p	271	7,80	3587,80	2921,20	12,16	559,95	4401,385	5770,225
HG	A _p	281	8,00	3683,36	2866,85	12,20	548,79	4401,405	5770,235
HG	A _p	291	7,80	3658,52	3160,75	11,75	532,31	4401,425	5770,245
HG	A _p	311	7,80	**3025,34	2773,63	11,60	**403,09	4401,310	5770,160
HG	A _p	321	7,80	**2983,98	2390,34	10,04	**401,68	4401,330	5770,170
HG	A _p	331	7,80	**2759,74	2419,28	9,15	**352,14	4401,350	5770,180
HG	A _p	341	7,80	3142,62	2292,90	10,43	**464,23	4401,370	5770,190
HG	A _p	351	**8,20	3176,61	2447,76	10,51	**446,42	4401,390	5770,200
HG	A _p	361	7,80	3677,95	2874,04	11,96	581,91	4401,410	5770,210
HG	A _p	371	7,60	3930,95	3117,01	12,85	**642,54	4401,430	5770,220
HG	A _p	381	7,90	3812,96	2930,21	13,81	**637,88	4401,450	5770,230
HG	A _p	411	7,80	3827,28	2914,29	**15,78	545,03	4401,505	5770,390
HG	A _p	421	7,90	4040,16	3426,07	**16,51	571,34	4401,500	5770,370
HG	A _p	431	7,80	3829,20	3092,43	15,28	558,57	4401,495	5770,355
HG	A _p	441	*6,20	3787,75	3251,52	15,01	541,18	4401,490	5770,340
HG	A _p	451	7,80	3838,08	3116,81	*18,28	575,23	4401,485	5770,320
HG	A _p	461	7,80	3643,69	3052,24	15,02	541,47	4401,480	5770,305
HG	A _p	511	8,00	4002,74	3444,08	**15,97	546,42	4401,485	5770,395

*: signifikante Ausreißer, **: hochsignifikante Ausreißer

UG	Bhz	Bez	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	Rechtsw.	Hochw.
HG	A _p	521	7,60	3874,86	3399,13	12,26	529,10	4401,480	5770,380
HG	A _p	531	7,60	3819,98	3466,85	14,27	519,98	4401,475	5770,360
HG	A _p	541	7,70	3812,36	3519,35	14,33	530,44	4401,470	5770,340
HG	A _p	551	7,60	3765,70	3253,17	12,57	525,22	4401,465	5770,320
HG	A _p	561	**7,10	3682,25	3513,34	13,28	514,59	4401,462	5770,300
HG	A _p	611	7,70	3797,70	3149,15	14,65	522,81	4401,465	5770,400
HG	A _p	621	7,50	3845,15	3177,69	12,94	561,68	4401,460	5770,390
HG	A _p	631	7,50	3835,87	3245,71	13,89	554,23	4401,455	5770,370
HG	A _p	641	7,50	3700,21	3251,06	13,49	541,65	4401,450	5770,350
HG	A _p	651	**7,10	3776,63	3219,71	13,61	561,03	4401,445	5770,330
HG	A _p	661	**7,10	3349,37	2685,13	11,16	499,21	4401,440	5770,310
HG	A _p	671	7,40	3515,31	2969,74	11,57	513,79	4401,435	5770,290
HG	A _p	711	7,40	3478,24	3021,76	*23,42	535,58	4401,420	5770,280
HG	A _p	721	7,60	3396,77	3419,36	10,87	506,10	4401,435	5770,290
HG	A _p	811	**7,20	3153,94	2756,91	11,53	**423,02	4401,310	5770,135
HG	A _p	821	7,60	3580,01	2865,71	13,84	561,18	4401,330	5770,150
HG	A _p	831	7,80	3373,90	2632,34	12,79	507,03	4401,350	5770,160
HG	A _p	841	7,60	3862,22	2687,49	14,26	**634,70	4401,370	5770,170
HG	A _p	851	7,50	4135,91	2877,98	14,93	**725,89	4401,390	5770,180
HG	A _p	861	7,50	4145,77	2954,77	15,07	**759,84	4401,410	5770,190
HG	A _p	871	**7,20	3840,43	2642,92	14,02	**663,83	4401,430	5770,205
HG	A _p	1101	**8,50	3287,06	2945,36	11,00	**484,03	4401,460	5770,290
HG	A _p	1111	**8,30	3787,55	3225,49	**17,11	**611,40	4401,480	5770,300
HG	A _p	2101	7,90	3212,58	2806,18	11,22	**449,19	4401,445	5770,255
HG	A _p	2111	7,90	3703,38	2876,83	15,29	562,94	4401,465	5770,265
HG	G _o	112	8,80	2456,56	2242,77	10,16	314,11	4401,270	5770,190
HG	G _o	122	8,00	2452,59	1747,89	10,54	314,27	4401,290	5770,210
HG	G _o	132	8,30	2659,70	2023,94	10,17	357,57	4401,310	5770,220
HG	G _o	142	8,80	3055,55	2401,50	11,42	452,20	4401,330	5770,230
HG	G _o	152	8,70	3123,38	2443,16	9,91	417,59	4401,350	5770,240
HG	G _o	162	8,00	3232,34	3019,50	11,19	478,34	4401,370	5770,250
HG	G _o	172	8,00	3219,58	3581,83	11,15	481,62	4401,400	5770,260
HG	G _o	182	8,50	3101,40	3849,39	10,63	476,06	4401,420	5770,270
HG	G _o	192	8,20	3284,05	2959,12	10,63	457,57	4401,440	5770,280
HG	G _o	223	8,50	2687,91	1999,26	10,07	340,95	4401,285	5770,175
HG	G _o	233	8,70	2717,85	1994,29	10,77	348,81	4401,305	5770,185
HG	G _o	253	7,90	2580,85	1873,89	9,70	352,05	4401,345	5770,205
HG	G _o	262	8,00	3475,64	3326,63	11,42	475,94	4401,365	5770,215
HG	G _o	272	8,00	2895,49	2751,99	*5,68	432,65	4401,385	5770,225
HG	G _o	282	7,90	3278,40	2695,16	10,21	483,96	4401,405	5770,235
HG	G _o	313	7,90	2345,87	1557,14	*8,35	262,34	4401,310	5770,160
HG	G _o	333	7,60	2254,43	1553,31	**9,14	257,96	4401,350	5770,180
HG	G _o	342	8,00	2673,00	1678,87	10,21	367,23	4401,370	5770,190
HG	G _o	412	8,10	3609,47	2786,92	**14,73	452,63	4401,505	5770,390
HG	G _o	442	7,80	3682,12	3443,45	11,89	612,47	4401,490	5770,340
HG	G _o	452	7,90	*4119,84	3237,70	*16,71	590,90	4401,485	5770,320
HG	G _o	462	7,90	3680,82	3431,21	*14,68	524,44	4401,480	5770,305
HG	G _o	512	8,20	*3988,23	3468,06	*15,09	537,12	4401,485	5770,395
HG	G _o	663	7,40	2656,47	1849,64	10,47	330,29	4401,440	5770,310
HG	G _o	673	7,80	3167,12	1936,13	11,53	317,91	4401,435	5770,290
HG	G _o	712	7,50	2611,11	1431,37	9,83	248,36	4401,420	5770,280
HG	G _o	722	8,00	3156,35	2905,31	10,78	479,29	4401,435	5770,290
HG	G _o	813	7,50	3200,56	3756,07	10,85	422,85	4401,310	5770,135
HG	G _o	822	7,80	2793,18	2037,77	10,07	393,30	4401,330	5770,150
HG	G _o	873	7,60	3528,63	3295,03	**12,52	587,96	4401,430	5770,205
HG	G _o	1102	8,60	2783,99	2314,57	9,55	375,64	4401,460	5770,290

*: signifikante Ausreißer, **: hochsignifikante Ausreißer

UG	Bhz	Bez	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	Rechtsw.	Hochw.
HG	G _o	1112	8,30	** 4089,01	3209,68	* 17,71	-99,00	4401,480	5770,300
HG	G _{ro}	113	8,50	2897,43	2043,45	11,74	377,94	4401,270	5770,190
HG	G _{ro}	133	** 8,60	2657,68	1758,57	10,38	339,02	4401,310	5770,220
HG	G _{ro}	143	** 8,90	2576,51	1829,67	10,18	365,03	4401,330	5770,230
HG	G _{ro}	153	** 9,00	2710,82	1832,80	9,59	369,78	4401,350	5770,240
HG	G _{ro}	163	8,50	2512,02	1948,82	9,54	353,92	4401,370	5770,250
HG	G _{ro}	173	** 8,60	2728,91	2441,93	9,66	409,17	4401,400	5770,260
HG	G _{ro}	183	8,00	3273,58	** 3175,53	11,15	** 521,36	4401,420	5770,270
HG	G _{ro}	193	** 8,70	3157,79	2616,20	12,05	414,83	4401,440	5770,280
HG	G _{ro}	224	** 8,70	3418,61	1983,41	11,32	388,33	4401,285	5770,175
HG	G _{ro}	263	8,20	2810,54	2263,26	9,15	382,82	4401,365	5770,215
HG	G _{ro}	274	8,40	2558,29	1623,29	9,35	315,83	4401,385	5770,225
HG	G _{ro}	283	8,20	2716,46	2147,93	8,65	414,70	4401,405	5770,235
HG	G _{ro}	293	7,90	3102,29	2633,87	11,40	441,92	4401,425	5770,245
HG	G _{ro}	323	8,10	2753,60	2079,16	10,36	349,32	4401,330	5770,170
HG	G _{ro}	343	8,00	2499,31	1670,81	9,23	323,42	4401,370	5770,190
HG	G _{ro}	353	8,50	2712,60	2318,37	9,34	356,41	4401,390	5770,200
HG	G _{ro}	363	8,20	3176,76	2578,06	10,09	487,90	4401,410	5770,210
HG	G _{ro}	372	7,80	3025,34	2627,61	11,35	452,31	4401,430	5770,220
HG	G _{ro}	383	8,20	3001,63	2859,70	11,46	460,52	4401,450	5770,230
HG	G _{ro}	423	8,10	3408,14	2953,56	* 14,26	476,22	4401,500	5770,370
HG	G _{ro}	433	8,30	3112,32	2276,55	11,58	381,84	4401,495	5770,355
HG	G _{ro}	443	8,10	3355,18	2631,10	11,64	439,00	4401,490	5770,340
HG	G _{ro}	453	7,80	** 3804,42	* 3604,43	* 15,93	* 563,34	4401,485	5770,320
HG	G _{ro}	463	8,00	** 3698,97	2901,05	12,78	459,16	4401,480	5770,305
HG	G _{ro}	513	8,20	3006,98	2097,93	10,65	377,02	4401,485	5770,395
HG	G _{ro}	523	8,00	2950,57	2176,05	11,61	398,31	4401,480	5770,380
HG	G _{ro}	533	8,00	2794,78	2035,44	10,13	343,51	4401,475	5770,360
HG	G _{ro}	543	7,90	3006,47	2149,87	10,96	374,39	4401,470	5770,340
HG	G _{ro}	553	** 7,40	2808,33	1899,29	11,81	361,22	4401,465	5770,320
HG	G _{ro}	564	** 7,50	** 3917,16	2390,12	11,68	446,45	4401,462	5770,300
HG	G _{ro}	613	7,90	** 3499,66	2910,79	12,15	447,56	4401,465	5770,400
HG	G _{ro}	623	8,00	2509,54	1902,71	9,34	349,19	4401,460	5770,390
HG	G _{ro}	633	8,00	2528,56	1707,13	8,76	313,77	4401,455	5770,370
HG	G _{ro}	643	8,00	2679,04	2046,91	9,61	416,67	4401,450	5770,350
HG	G _{ro}	654	** 7,50	3094,11	2562,80	12,00	450,15	4401,445	5770,330
HG	G _{ro}	713	* 7,10	2361,46	1963,24	10,09	341,14	4401,420	5770,280
HG	G _{ro}	724	8,20	2919,87	2068,06	12,08	389,51	4401,435	5770,290
HG	G _{ro}	823	8,10	2678,76	2058,41	9,05	382,40	4401,330	5770,150
HG	G _{ro}	833	8,00	2954,81	2123,74	10,83	425,44	4401,350	5770,160
HG	G _{ro}	843	8,10	3041,46	2344,86	10,20	453,27	4401,370	5770,170
HG	G _{ro}	853	7,90	3435,35	2963,28	11,67	** 526,76	4401,390	5770,180
HG	G _{ro}	863	7,80	3077,99	2814,77	10,78	473,76	4401,410	5770,190
HG	G _{ro}	874	** 7,60	2532,82	1658,33	9,06	333,23	4401,430	5770,205
HG	G _{ro}	1105	8,40	* 4365,55	2026,41	11,83	366,52	4401,460	5770,290
HG	G _{ro}	1113	8,50	** 3901,27	2443,43	** 13,73	473,92	4401,480	5770,300
HG	G _{ro}	2103	8,30	3128,98	2758,39	11,71	450,27	4401,445	5770,255
HG	G _{ro}	2113	8,00	3171,92	2110,52	11,40	416,07	4401,465	5770,265
HG	G _{or}	114	7,60	4272,28	** 3038,85	** 18,30	** 610,15	4401,270	5770,190
HG	G _{or}	124	8,00	2785,27	1859,01	11,01	335,59	4401,290	5770,210
HG	G _{or}	134	** 9,00	2264,19	1340,96	8,36	258,15	4401,310	5770,220
HG	G _{or}	144	** 9,00	2708,03	1877,02	9,94	339,42	4401,330	5770,230
HG	G _{or}	154	8,00	3249,79	2206,57	10,60	** 408,88	4401,350	5770,240
HG	G _{or}	164	8,20	2874,39	1950,53	10,22	368,92	4401,370	5770,250
HG	G _{or}	175	8,10	4129,18	** 2769,34	13,75	** 474,87	4401,400	5770,260
HG	G _{or}	185	7,30	3959,13	** 3257,23	14,68	** 561,15	4401,420	5770,270
HG	G _{or}	195	7,30	4144,14	** 2744,63	** 22,36	** 585,15	4401,440	5770,280

* : signifikante Ausreißer, ** : hochsignifikante Ausreißer

UG	Bhz	Bez	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	Rechtsw.	Hochw.
HG	G _{or}	226	** 6,80	2854,46	** 1021,91	14,19	242,41	4401,285	5770,175
HG	G _{or}	234	7,60	2600,55	1751,07	8,92	341,92	4401,305	5770,185
HG	G _{or}	243	7,90	2421,20	1964,13	8,60	319,62	4401,325	5770,195
HG	G _{or}	254	8,20	2341,36	1688,96	9,59	306,97	4401,345	5770,205
HG	G _{or}	265	7,90	3448,67	2115,61	15,72	327,85	4401,365	5770,215
HG	G _{or}	275	7,50	3489,26	** 2613,77	15,06	** 434,72	4401,385	5770,225
HG	G _{or}	284	7,50	2674,19	1627,63	9,07	310,20	4401,405	5770,235
HG	G _{or}	295	7,80	4112,77	2256,00	15,19	** 417,11	4401,425	5770,245
HG	G _{or}	314	7,80	3737,52	1542,90	12,31	** 218,75	4401,310	5770,160
HG	G _{or}	344	8,30	2573,02	1691,29	10,42	294,38	4401,370	5770,190
HG	G _{or}	354	8,50	2606,16	1641,19	10,05	291,36	4401,390	5770,200
HG	G _{or}	364	7,50	2792,44	1946,77	11,05	345,51	4401,410	5770,210
HG	G _{or}	374	8,30	2877,84	1905,03	10,19	327,99	4401,430	5770,220
HG	G _{or}	384	8,50	3076,61	2177,62	11,49	372,89	4401,450	5770,230
HG	G _{or}	415	** 7,00	1826,01	** 580,78	10,52	** 102,68	4401,505	5770,390
HG	G _{or}	425	7,50	2549,44	** 1216,50	10,90	** 151,12	4401,500	5770,370
HG	G _{or}	434	7,80	** 4957,70	** 3216,46	* 29,85	** 571,88	4401,495	5770,355
HG	G _{or}	444	** 6,70	2507,83	1404,86	11,63	231,23	4401,490	5770,340
HG	G _{or}	454	** 6,50	2478,38	** 1079,01	12,14	262,83	4401,485	5770,320
HG	G _{or}	464	** 6,30	4605,21	2224,50	** 17,82	** 523,05	4401,480	5770,305
HG	G _{or}	515	** 6,10	** 5352,53	** 3906,54	* 26,18	** 626,56	4401,485	5770,395
HG	G _{or}	525	** 6,20	** 1213,23	** 513,00	** 6,82	** 72,07	4401,480	5770,380
HG	G _{or}	535	** 6,30	3328,72	1559,01	15,83	** 201,99	4401,475	5770,360
HG	G _{or}	545	* 5,40	2178,59	** 631,15	11,46	** 124,85	4401,470	5770,340
HG	G _{or}	555	* 5,30	2565,83	1433,97	12,59	251,34	4401,465	5770,320
HG	G _{or}	565	** 5,80	3855,78	1311,14	** 17,95	** 426,57	4401,462	5770,300
HG	G _{or}	615	** 6,60	2547,44	** 967,59	12,26	** 168,55	4401,465	5770,400
HG	G _{or}	624	** 6,30	** 5589,25	* 4895,10	* 33,15	** 669,36	4401,460	5770,390
HG	G _{or}	635	** 6,20	3299,97	1671,04	** 17,39	269,59	4401,455	5770,370
HG	G _{or}	646	** 6,50	3401,53	2086,12	12,44	277,54	4401,450	5770,350
HG	G _{or}	655	** 6,60	** 5046,21	** 3165,90	* 21,76	** 607,06	4401,445	5770,330
HG	G _{or}	675	7,90	4398,39	** 4285,51	15,64	** 654,47	4401,435	5770,290
HG	G _{or}	714	7,10	4447,22	** 3359,92	** 17,05	** 604,21	4401,420	5770,280
HG	G _{or}	725	7,10	4214,20	** 3839,78	** 17,00	** 612,03	4401,435	5770,290
HG	G _{or}	814	7,30	3365,28	1732,42	11,89	271,85	4401,310	5770,135
HG	G _{or}	834	8,20	2465,96	1576,52	8,97	322,21	4401,350	5770,160
HG	G _{or}	844	8,10	2444,61	1492,93	7,87	285,31	4401,370	5770,170
HG	G _{or}	854	8,10	2428,58	1674,29	9,13	318,04	4401,390	5770,180
HG	G _{or}	864	8,00	2581,86	1832,01	8,69	367,08	4401,410	5770,190
HG	G _{or}	875	7,80	** 3521,84	** 2576,79	15,29	** 408,59	4401,430	5770,205
HG	G _{or}	1106	7,80	4639,25	** 3974,41	** 20,45	** 694,87	4401,460	5770,290
HG	G _{or}	1114	7,90	* 6286,47	** 3364,86	* 24,60	* 888,76	4401,480	5770,300
HG	G _{or}	2105	7,60	4429,49	** 2883,26	14,68	** 485,29	4401,445	5770,255
HG	G _{or}	2116	8,00	4251,74	1928,57	12,96	327,30	4401,465	5770,265
HG	G _r	115	6,50	2555,07	1211,91	15,01	196,08	4401,270	5770,190
HG	G _r	125	7,20	2196,48	1419,28	10,60	168,01	4401,290	5770,210
HG	G _r	136	7,20	5225,37	* 4781,91	** 25,34	** 825,46	4401,310	5770,220
HG	G _r	146	7,70	3873,45	1540,05	17,14	231,41	4401,330	5770,230
HG	G _r	156	6,30	4054,02	1292,22	15,51	193,00	4401,350	5770,240
HG	G _r	166	7,20	3017,26	964,14	10,34	210,40	4401,370	5770,250
HG	G _r	176	6,80	5203,15	** 3778,47	** 24,40	** 658,87	4401,400	5770,260
HG	G _r	187	7,20	2898,98	1203,76	14,75	220,22	4401,420	5770,270
HG	G _r	196	7,20	5277,02	** 3552,00	16,89	** 685,62	4401,440	5770,280
HG	G _r	235	7,60	2773,89	1857,66	9,68	373,78	4401,305	5770,185
HG	G _r	246	* 8,70	2453,72	1751,57	11,87	327,11	4401,325	5770,195
HG	G _r	256	6,60	4429,11	** 3411,30	* 31,73	** 636,27	4401,345	5770,205
HG	G _r	266	7,20	5582,37	2129,84	** 27,76	** 501,26	4401,365	5770,215

* : signifikante Ausreißer, ** : hochsignifikante Ausreißer

UG	Bhz	Bez	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	Rechtsw.	Hochw.
HG	G _r	276	6,90	2495,80	675,80	11,14	129,49	4401,385	5770,225
HG	G _r	285	6,70	2772,72	1733,54	12,54	302,38	4401,405	5770,235
HG	G _r	296	7,20	2572,35	937,21	10,16	160,14	4401,425	5770,245
HG	G _r	315	7,20	5391,37	2090,31	18,01	**462,86	4401,310	5770,160
HG	G _r	324	**8,20	2772,78	1813,85	10,35	334,14	4401,330	5770,170
HG	G _r	335	6,90	3562,43	**3037,73	**21,75	**597,70	4401,350	5770,180
HG	G _r	345	6,70	2674,33	1224,42	9,90	212,77	4401,370	5770,190
HG	G _r	356	6,10	5041,67	**3968,11	19,37	*1146,58	4401,390	5770,200
HG	G _r	366	5,60	5245,24	*7134,13	**25,37	*1256,84	4401,410	5770,210
HG	G _r	376	6,10	1687,34	1481,80	11,08	355,80	4401,430	5770,220
HG	G _r	385	7,20	3504,17	**3123,30	14,23	**588,44	4401,450	5770,230
HG	G _r	416	7,30	1029,79	206,27	7,06	35,40	4401,505	5770,390
HG	G _r	426	6,70	1180,53	386,50	6,77	65,01	4401,500	5770,370
HG	G _r	435	7,30	1320,76	505,00	7,36	73,35	4401,495	5770,355
HG	G _r	445	6,20	1014,91	316,54	7,29	56,47	4401,490	5770,340
HG	G _r	465	6,30	3086,90	1400,64	13,39	360,00	4401,485	5770,320
HG	G _r	517	5,50	1093,67	598,32	6,33	71,86	4401,485	5770,395
HG	G _r	526	6,00	910,03	605,31	5,56	60,62	4401,480	5770,380
HG	G _r	536	6,00	1077,39	345,10	8,39	55,34	4401,475	5770,360
HG	G _r	546	5,60	1157,28	198,93	6,70	45,71	4401,470	5770,340
HG	G _r	556	5,40	1384,37	285,25	6,86	43,51	4401,465	5770,320
HG	G _r	616	6,10	1146,85	596,74	6,94	73,80	4401,465	5700,400
HG	G _r	626	5,80	446,67	171,48	5,60	188,27	4401,460	5770,390
HG	G _r	636	6,20	1224,02	301,51	10,66	49,01	4401,455	5770,370
HG	G _r	647	5,80	1450,49	627,37	8,50	101,74	4401,450	5770,350
HG	G _r	656	5,40	5232,59	1541,75	18,79	331,40	4401,445	5770,330
HG	G _r	664	6,40	3579,52	2236,33	14,08	**446,41	4401,440	5770,310
HG	G _r	676	6,70	4524,80	2556,87	**24,41	**580,48	4401,000	5770,290
HG	G _r	715	6,70	3143,31	1660,51	16,52	263,47	4401,420	5770,280
HG	G _r	726	6,10	2977,98	1200,66	15,86	187,92	4401,430	5770,290
HG	G _r	815	6,70	4986,56	2450,97	20,01	399,44	4401,310	5770,135
HG	G _r	836	6,40	4279,81	2688,43	16,23	**521,51	4401,350	5770,160
HG	G _r	845	5,80	4852,95	**4161,86	18,42	**733,25	4401,370	5770,170
HG	G _r	855	5,80	3576,69	*5353,41	14,37	**775,87	4401,390	5770,180
HG	G _r	867	**4,80	4306,29	*5227,41	**24,10	**839,00	4401,410	5770,190
HG	G _r	876	6,30	4650,15	2500,13	18,86	420,42	4401,430	5770,205
HG	G _r	1108	7,50	3238,10	1023,01	16,59	114,04	4401,460	5770,290
HG	G _r	1115	7,40	3053,89	1242,94	14,07	271,61	4401,480	5770,300
HG	G _r	2106	6,70	3929,66	2339,60	17,33	**576,39	4401,445	5770,255
HG	G _r	2117	7,20	**6300,81	**3729,58	*33,27	**719,41	4401,465	5770,265
HW	A _h	111	7,50	3644,73	2396,66	19,90	492,42	4401,485	5772,115
HW	A _h	121	7,30	3374,48	2250,27	23,37	523,55	4401,465	5772,100
HW	A _h	131	7,50	3770,28	2512,94	26,39	541,53	4401,445	5772,085
HW	A _h	141	7,10	3368,12	2353,50	23,33	479,03	4401,425	5772,065
HW	A _h	151	7,30	3497,90	2361,57	16,57	466,13	4401,405	5772,050
HW	A _h	161	7,40	3484,51	2690,65	16,41	454,07	4401,385	5772,035
HW	A _h	171	7,60	3542,93	2709,85	14,52	**362,15	4401,365	5772,020
HW	A _h	181	7,50	3115,95	**1860,76	13,07	**290,26	4401,345	5772,005
HW	A _h	191	7,60	3181,57	**1894,21	13,66	**284,23	4401,325	5771,985
HW	A _h	221	**7,80	3841,94	2307,86	30,58	418,79	4401,480	5772,075
HW	A _h	231	7,00	4372,69	3246,04	25,78	570,73	4401,460	5772,060
HW	A _h	241	6,60	3866,93	3211,75	20,30	573,15	4401,440	5772,050
HW	A _h	251	7,00	4125,53	3321,94	20,72	463,71	4401,420	5772,035
HW	A _h	261	6,60	3823,42	3204,80	18,70	451,94	4401,400	5772,020
HW	A _h	271	7,00	4088,66	2859,80	17,99	408,89	4401,380	5772,000
HW	A _h	281	6,40	4304,71	2396,92	19,50	442,20	4401,360	5771,980
HW	A _h	291	7,00	3579,49	**1765,19	25,60	**338,78	4401,340	5771,960

*: signifikante Ausreißer, **: hochsignifikante Ausreißer

UG	Bhz	Bez	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	Rechtsw.	Hochw.
HW	A _h	311	7,60	3302,92	**1991,08	25,15	**381,37	4401,480	5772,050
HW	A _h	321	6,80	3578,25	3315,99	23,54	575,77	4401,460	5772,040
HW	A _h	331	6,80	3117,63	3369,08	19,92	534,37	4401,440	5772,020
HW	A _h	341	6,80	3879,50	3125,48	20,28	529,90	4401,420	5772,000
HW	A _h	351	6,80	3852,93	3191,40	20,96	481,27	4401,400	5771,980
HW	A _h	361	7,00	4879,39	2520,41	22,01	411,91	4401,380	5771,960
HW	A _h	371	7,30	4643,29	2289,84	25,38	405,21	4401,360	5771,940
HW	A _h	411	7,20	**5040,50	3538,74	32,21	570,44	4401,460	5772,005
HW	A _h	421	7,10	4652,20	2732,88	33,18	458,57	4401,440	5771,990
HW	A _h	431	7,20	3805,28	**4967,54	26,23	631,74	4401,420	5771,975
HW	A _h	441	6,80	**5138,69	3687,38	36,03	621,50	4401,400	5771,955
HW	A _h	451	6,50	4878,38	3752,08	28,23	**1050,42	4401,380	5771,940
HW	A _h	461	6,60	**5311,61	4366,18	31,30	**2373,45	4401,360	5771,925
HW	A _h	471	6,00	4690,67	3439,14	28,50	*1815,10	4401,340	5771,905
HW	A _h	481	5,90	3639,16	4101,09	22,04	*900,88	4401,320	5771,885
HW	A _h	491	6,30	3747,95	3546,56	25,25	677,01	4401,300	5771,870
HW	A _h	511	*6,50	**6099,92	3839,56	*60,75	**784,66	4401,450	5771,965
HW	A _h	521	6,70	**5098,92	3099,05	**37,38	682,43	4401,430	5771,945
HW	A _h	531	6,80	4261,56	4235,90	27,26	695,10	4401,410	5771,930
HW	A _h	541	6,50	**5200,60	**4575,06	**40,10	695,42	4401,390	5771,910
HW	A _h	551	6,50	4088,96	4285,50	24,78	646,08	4401,370	5771,895
HW	A _h	561	6,40	**5228,23	4118,66	**42,75	656,31	4401,350	5771,875
HW	A _h	571	6,50	4745,77	4015,52	36,55	725,71	4401,330	5771,860
HW	A _h	581	6,50	3076,14	4067,02	17,64	642,55	4401,310	5771,845
HW	A _h	591	6,60	3868,48	3972,29	24,54	664,83	4401,290	5771,830
HW	A _h	611	**7,90	4489,92	4186,57	26,92	664,66	4401,530	5772,110
HW	A _h	621	7,20	4003,02	2955,39	22,59	545,02	4401,550	5772,130
HW	A _h	631	7,10	4522,62	3296,29	32,44	672,95	4401,570	5772,150
HW	A _h	641	6,50	4430,19	3287,25	*45,85	683,67	4401,590	5772,165
HW	A _h	651	6,40	3816,10	3633,56	17,31	633,59	4401,610	5772,175
HW	A _h	661	6,80	3227,61	2920,73	33,45	596,14	4401,630	5772,195
HW	A _h	671	6,00	**2776,86	3268,08	17,29	485,86	4401,650	5772,210
HW	A _h	721	6,50	4796,32	3956,68	26,26	690,15	4401,520	5772,075
HW	A _h	731	6,40	3991,09	3397,91	30,20	684,66	4401,540	5772,090
HW	A _h	741	6,00	4048,08	3284,18	29,50	685,53	4401,560	5772,105
HW	A _h	751	6,50	4300,62	4112,95	27,29	636,38	4401,585	5772,115
HW	A _h	761	**5,60	3438,87	3690,83	24,83	674,76	4401,600	5772,135
HW	A _h	771	5,80	3830,46	3803,90	32,46	649,28	4401,620	5772,155
HW	A _h	781	6,50	**2357,64	3058,36	25,57	543,88	4401,635	5772,165
HW	A _h	791	6,30	3343,25	3450,84	14,74	466,60	4401,650	5772,180
HW	A _h	811	7,20	4297,42	2496,13	**43,95	511,01	4401,515	5772,035
HW	A _h	821	6,40	4695,45	3606,63	33,95	732,37	4401,530	5772,050
HW	A _h	831	6,50	4772,26	3559,03	**38,37	659,15	4401,550	5772,065
HW	A _h	841	6,00	3928,37	3785,08	32,83	644,28	4401,570	5772,070
HW	A _h	851	6,10	4475,64	3306,48	**39,35	634,40	4401,590	5772,095
HW	A _h	861	**5,60	3648,55	3507,85	30,50	573,32	4401,610	5772,110
HW	A _h	871	6,00	3403,71	3152,35	22,80	557,74	4401,630	5772,125
HW	A _h	881	5,70	3273,84	3144,03	19,14	507,44	4401,645	5772,140
HW	A _h	891	6,10	**2323,47	2616,98	16,54	417,18	4401,660	5772,155
HW	A _h	911	6,80	3510,41	**1950,10	32,95	**394,39	4401,505	5772,000
HW	A _h	921	6,50	**5629,04	3528,00	*62,78	732,04	4401,525	5772,015
HW	A _h	931	6,20	4194,79	2878,04	*48,18	605,94	4401,545	5772,030
HW	A _h	941	6,20	4182,98	3467,01	30,86	703,97	4401,565	5772,045
HW	A _h	951	6,20	3520,87	3099,96	26,57	608,23	4401,585	5772,060
HW	A _h	961	5,90	4209,91	**4505,22	34,22	676,84	4401,605	5772,075
HW	A _h	971	6,00	4795,83	3511,46	*58,34	715,31	4401,625	5772,090
HW	A _h	981	6,00	4515,48	3867,19	35,16	668,69	4401,645	5772,105

*: signifikante Ausreißer, **: hochsignifikante Ausreißer

UG	Bhz	Bez	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	Rechtsw.	Hochw.
HW	A _h	991	**5,20	3789,80	3971,86	20,19	596,85	4401,665	5772,125
HW	G _o	112	**7,50	**4742,07	2525,05	21,12	493,37	4401,485	5772,115
HW	G _o	122	**7,70	3628,85	4666,32	15,56	763,02	4401,465	5772,100
HW	G _o	132	**7,20	3348,17	2318,85	13,02	465,25	4401,445	5772,085
HW	G _o	142	**7,80	3459,19	2881,76	14,31	459,62	4401,425	5772,065
HW	G _o	162	**7,80	3167,56	2279,27	13,45	400,98	4401,385	5772,035
HW	G _o	172	-1,00	3215,46	-1,00	13,61	-1,00	4401,365	5772,020
HW	G _o	192	**8,00	3492,68	2782,66	12,38	**338,32	4401,325	5771,985
HW	G _o	242	6,50	3051,61	4742,13	16,93	761,28	4401,440	5772,050
HW	G _o	262	**6,00	-1,00	3418,29	14,90	555,33	4401,400	5772,020
HW	G _o	273	**7,10	**5292,44	3321,59	**25,90	496,46	4401,380	5772,000
HW	G _o	292	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	458,00	4401,340	5771,960
HW	G _o	312	**7,80	3792,47	2479,82	**30,05	464,54	4401,480	5772,050
HW	G _o	322	**6,70	**2612,44	5406,78	-1,00	758,43	4401,460	5772,040
HW	G _o	332	6,50	**1793,98	3809,72	10,88	491,57	4401,440	5772,020
HW	G _o	342	**6,80	3397,20	3798,20	17,26	550,41	4401,420	5772,000
HW	G _o	352	**7,00	3893,06	3778,52	17,71	490,71	4401,400	5771,980
HW	G _o	372	**6,90	3293,87	5782,89	16,16	798,05	4401,360	5771,940
HW	G _o	432	6,40	*6752,37	3697,89	*46,90	531,27	4401,420	5771,975
HW	G _o	442	6,30	3752,24	4837,26	**23,32	801,80	4401,400	5771,955
HW	G _o	452	*5,10	**2713,26	5882,09	17,85	*1453,63	4401,380	5771,940
HW	G _o	462	6,50	3464,15	4772,80	19,34	*3473,61	4401,360	5771,925
HW	G _o	492	6,60	3199,20	4302,30	15,71	644,89	4401,300	5771,870
HW	G _o	542	**5,80	**4708,83	4774,07	19,28	635,66	4401,390	5771,910
HW	G _o	592	6,30	3841,84	3816,82	21,27	642,51	4401,290	5771,830
HW	G _o	622	**7,00	3210,00	2959,87	21,11	486,76	4401,550	5772,130
HW	G _o	632	**7,00	3326,00	3218,99	12,71	556,15	4401,570	5772,150
HW	G _o	722	6,50	3519,37	3667,31	16,94	562,63	4401,520	5772,075
HW	G _o	732	6,50	**2897,19	2760,50	13,34	541,03	4401,540	5772,090
HW	G _o	742	6,50	3800,09	4145,30	14,66	747,58	4401,560	5772,105
HW	G _o	752	6,50	**4983,29	5097,65	**24,39	686,75	4401,585	5772,115
HW	G _o	762	6,40	*1118,73	*379,12	**7,94	*83,45	4401,600	5772,135
HW	G _o	772	6,50	4040,74	5819,76	21,35	744,47	4401,620	5772,155
HW	G _o	782	6,40	3807,77	5103,67	20,68	635,18	4401,635	5772,165
HW	G _o	792	6,40	3493,26	3813,38	15,86	479,05	4401,650	5772,180
HW	G _o	912	**7,00	**4577,44	3064,04	**31,91	554,82	4401,505	5772,000
HW	G _o	942	6,30	**5416,30	5134,53	**28,24	**833,09	4401,565	5772,045
HW	G _{ro}	113	7,10	5690,01	4456,23	22,93	804,78	4401,485	5772,115
HW	G _{ro}	133	**7,30	3941,34	2326,59	16,77	404,60	4401,445	5772,085
HW	G _{ro}	173	**7,50	3792,89	2028,88	13,27	398,25	4401,365	5772,020
HW	G _{ro}	184	**7,60	4441,29	4672,96	21,71	704,91	4401,345	5772,005
HW	G _{ro}	223	**7,30	4500,62	3284,09	20,11	565,16	4401,480	5772,075
HW	G _{ro}	233	6,50	3759,83	3818,27	16,22	550,19	4401,460	5772,060
HW	G _{ro}	243	7,10	4271,60	3467,24	20,62	536,47	4401,440	5772,050
HW	G _{ro}	263	6,30	5112,56	3318,43	22,13	456,74	4401,400	5772,020
HW	G _{ro}	274	6,50	5066,34	2374,62	22,88	408,19	4401,380	5772,000
HW	G _{ro}	284	6,50	**6200,52	2725,55	22,81	408,00	4401,360	5771,980
HW	G _{ro}	293	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	**51,62	4401,340	5771,960
HW	G _{ro}	313	**7,80	4059,43	2785,97	**29,43	468,25	4401,480	5772,050
HW	G _{ro}	323	6,40	1967,01	**687,67	**7,22	**128,65	4401,460	5772,040
HW	G _{ro}	353	**7,50	3074,72	1956,80	10,84	**265,86	4401,400	5771,980
HW	G _{ro}	363	6,80	5473,60	4614,45	20,38	605,50	4401,380	5771,960
HW	G _{ro}	374	6,10	3017,24	4180,26	15,53	446,81	4401,360	5771,940
HW	G _{ro}	413	7,00	1849,81	**854,58	11,13	**123,57	4401,460	5772,005
HW	G _{ro}	423	6,80	5648,99	5003,34	**27,06	617,24	4401,440	5771,990
HW	G _{ro}	443	-1,00	-1,00	-1,00	*32,30	-1,00	4401,400	5771,955

*: signifikante Ausreißer, **: hochsignifikante Ausreißer

UG	Bhz	Bez	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	Rechtsw.	Hochw.
HW	G _{ro}	453	5,90	*353,01	**150,25	**5,61	**81,48	4401,380	5771,940
HW	G _{ro}	463	**5,00	5451,13	4831,10	*40,23	*3437,04	4401,360	5771,925
HW	G _{ro}	473	5,80	3991,35	3964,39	**29,88	*1366,49	4401,340	5771,905
HW	G _{ro}	483	**5,40	*8573,09	3364,28	*88,41	750,02	4401,320	5771,885
HW	G _{ro}	513	6,50	5697,83	3626,70	*37,31	682,75	4401,450	5771,965
HW	G _{ro}	523	6,80	4491,14	3828,68	21,52	586,47	4401,430	5771,945
HW	G _{ro}	533	6,30	2676,87	1559,64	15,59	**240,25	4401,410	5771,930
HW	G _{ro}	543	6,30	4474,03	4820,56	18,46	608,08	4401,390	5771,910
HW	G _{ro}	553	**5,70	2330,67	2041,87	12,54	**226,33	4401,370	5771,895
HW	G _{ro}	563	*4,80	*8310,53	3326,32	**29,56	462,54	4401,350	5771,875
HW	G _{ro}	573	**5,60	**6805,21	4041,47	**24,49	607,10	4401,330	5771,860
HW	G _{ro}	583	6,10	2535,25	2371,92	13,63	389,55	4401,310	5771,845
HW	G _{ro}	613	6,50	**1183,49	**841,71	**7,21	**132,14	4401,530	5772,110
HW	G _{ro}	623	7,00	2901,18	1851,95	13,45	329,14	4401,550	5772,130
HW	G _{ro}	633	7,00	3348,68	3177,12	12,61	548,51	4401,570	5772,150
HW	G _{ro}	643	6,80	4076,26	3444,61	15,85	708,57	4401,590	5772,165
HW	G _{ro}	653	**7,50	3257,33	2368,00	14,36	453,19	4401,610	5772,175
HW	G _{ro}	663	7,00	4132,49	3729,86	14,10	612,83	4401,630	5772,195
HW	G _{ro}	673	6,80	3434,24	2781,45	12,10	489,87	4401,650	5772,210
HW	G _{ro}	723	6,50	2121,60	2114,88	**8,51	355,19	4401,520	5772,075
HW	G _{ro}	763	6,40	3900,05	4001,13	15,23	654,85	4401,600	5772,135
HW	G _{ro}	773	6,50	3835,43	3390,44	15,34	663,48	4401,620	5772,155
HW	G _{ro}	793	6,50	3632,06	3442,77	13,50	514,80	4401,650	5772,180
HW	G _{ro}	813	6,80	4876,49	4164,84	21,17	659,39	4401,515	5772,035
HW	G _{ro}	823	6,30	3379,58	3455,75	14,37	526,25	4401,530	5772,050
HW	G _{ro}	833	6,60	**962,23	**759,58	**6,58	**113,87	4401,550	5772,065
HW	G _{ro}	843	6,30	3101,96	3938,61	14,56	497,22	4401,570	5772,070
HW	G _{ro}	853	5,80	2165,87	1965,50	12,49	304,36	4401,590	5772,095
HW	G _{ro}	863	**5,20	4210,38	**5586,25	17,23	764,54	4401,610	5772,110
HW	G _{ro}	873	5,80	3390,78	3212,23	12,63	657,20	4401,630	5772,125
HW	G _{ro}	883	6,50	4127,02	4464,32	15,27	600,59	4401,645	5772,140
HW	G _{ro}	893	6,50	3969,11	**6393,38	12,32	600,76	4401,660	5772,155
HW	G _{ro}	913	6,70	3898,19	2418,00	16,74	452,93	4401,505	5772,000
HW	G _{ro}	923	6,40	3013,19	2467,10	17,58	409,59	4401,525	5772,015
HW	G _{ro}	933	6,20	2297,36	2869,41	13,40	448,49	4401,545	5772,030
HW	G _{ro}	943	6,10	2406,48	2357,58	10,95	310,78	4401,565	5772,045
HW	G _{ro}	953	5,80	5151,92	4666,70	20,41	740,63	4401,585	5772,060
HW	G _{ro}	963	5,90	5535,94	4835,60	**24,59	754,51	4401,605	5772,075
HW	G _{ro}	973	**5,50	4395,33	*6932,93	21,66	783,18	4401,625	5772,090
HW	G _{ro}	983	6,50	4738,93	**5742,73	22,07	787,97	4401,645	5772,105
HW	G _{ro}	993	6,30	3841,56	4860,36	17,26	714,33	4401,665	5772,125
HW	G _{or}	114	**7,00	**3311,34	**1149,68	14,89	**202,93	4401,485	5772,115
HW	G _{or}	124	**7,20	**1503,13	166,16	8,90	42,76	4401,465	5772,100
HW	G _{or}	134	6,60	**1325,79	**399,80	8,97	**73,77	4401,445	5772,085
HW	G _{or}	143	**7,70	**3263,53	**1720,97	13,24	**269,43	4401,425	5772,065
HW	G _{or}	154	**7,20	**4973,06	**2171,30	**21,69	**364,76	4401,405	5772,050
HW	G _{or}	164	**7,00	*6413,06	**2680,75	*30,26	**426,45	4401,385	5772,035
HW	G _{or}	175	5,80	840,10	158,88	6,93	36,86	4401,365	5772,020
HW	G _{or}	186	6,90	981,13	189,41	7,49	44,75	4401,345	5772,005
HW	G _{or}	193	**7,30	**4105,33	**3241,68	14,23	**378,67	4401,325	5771,985
HW	G _{or}	224	6,70	**4167,74	**2595,94	**18,06	**373,64	4401,480	5772,075
HW	G _{or}	234	6,30	**2377,99	**1718,13	13,31	**261,18	4401,460	5772,060
HW	G _{or}	244	**7,20	**5261,59	**3202,77	*22,21	**465,27	4401,440	5772,050
HW	G _{or}	252	**5,30	1194,00	*4959,66	9,27	**630,46	4401,420	5772,035
HW	G _{or}	264	-1,00	-1,00	**590,00	-1,00	-1,00	4401,400	5772,020
HW	G _{or}	277	*4,20	879,02	238,76	7,64	43,00	4401,380	5772,000
HW	G _{or}	286	**7,50	249,36	105,70	7,22	27,41	4401,360	5771,980

* : signifikante Ausreißer, ** : hochsignifikante Ausreißer

UG	Bhz	Bez	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	Rechtsw.	Hochw.
HW	G _{or}	295	6,80	545,47	117,99	7,79	29,72	4401,340	5771,960
HW	G _{or}	314	**7,50	**3024,41	**1064,49	14,38	**173,88	4401,480	5772,050
HW	G _{or}	324	6,50	**1913,81	**2710,82	10,94	**351,25	4401,460	5772,040
HW	G _{or}	333	6,70	827,16	**2449,35	7,85	**308,16	4401,440	5772,020
HW	G _{or}	365	6,30	**2268,78	90,83	8,87	24,28	4401,380	5771,960
HW	G _{or}	376	6,20	781,07	139,98	7,32	26,57	4401,360	5771,940
HW	G _{or}	414	6,30	734,79	163,10	6,87	35,90	4401,460	5772,005
HW	G _{or}	424	6,30	**2096,76	234,93	9,33	**48,95	4401,440	5771,990
HW	G _{or}	433	6,50	**2436,63	**1212,60	11,25	**170,58	4401,420	5771,975
HW	G _{or}	444	*4,80	952,79	**558,54	8,34	**120,65	4401,400	5771,955
HW	G _{or}	494	**5,30	476,79	250,48	5,93	**53,47	4401,300	5771,870
HW	G _{or}	515	6,50	436,90	201,09	8,22	**51,44	4401,450	5771,965
HW	G _{or}	524	6,50	**2007,20	**853,73	10,92	**130,04	4401,430	5771,945
HW	G _{or}	534	6,40	605,02	96,18	6,74	27,01	4401,410	5771,930
HW	G _{or}	554	**5,70	1159,01	73,07	5,43	23,94	4401,370	5771,895
HW	G _{or}	593	6,60	861,87	162,71	8,97	37,73	4401,290	5771,830
HW	G _{or}	615	6,70	271,82	179,00	6,54	42,01	4401,530	5772,110
HW	G _{or}	624	6,60	839,12	252,48	8,24	36,46	4401,550	5772,130
HW	G _{or}	635	6,70	289,03	189,53	5,21	42,27	4401,570	5772,150
HW	G _{or}	644	6,00	514,82	121,14	5,13	29,99	4401,590	5772,165
HW	G _{or}	664	6,50	**4024,50	**3078,61	13,77	**643,65	4401,630	5772,195
HW	G _{or}	674	6,40	**4159,74	**3391,74	**17,27	**646,25	4401,650	5772,210
HW	G _{or}	724	6,50	245,31	130,35	4,79	31,29	4401,520	5772,075
HW	G _{or}	733	6,00	**1560,98	**1323,71	9,18	**207,00	4401,540	5772,090
HW	G _{or}	744	6,50	319,94	111,01	4,83	25,82	4401,560	5772,105
HW	G _{or}	754	6,20	321,59	101,57	5,35	28,99	4401,585	5772,115
HW	G _{or}	764	5,80	1047,93	**365,68	7,56	**80,05	4401,600	5772,135
HW	G _{or}	774	6,20	**1930,47	**582,79	12,23	**118,62	4401,620	5772,155
HW	G _{or}	783	6,70	**4054,67	**3430,24	**15,90	**697,24	4401,635	5772,165
HW	G _{or}	794	6,60	**3327,29	2503,37	13,72	**529,07	4401,650	5772,180
HW	G _{or}	814	6,50	1174,68	**469,37	14,84	**72,24	4401,515	5772,035
HW	G _{or}	824	6,20	211,16	169,82	3,85	28,94	4401,530	5772,050
HW	G _{or}	834	5,90	187,63	120,29	5,67	26,90	4401,550	5772,065
HW	G _{or}	844	6,10	213,49	177,46	5,60	30,24	4401,570	5772,070
HW	G _{or}	854	**5,20	730,44	205,22	6,29	**50,14	4401,590	5772,095
HW	G _{or}	864	5,90	1002,18	248,66	8,19	**67,54	4401,610	5772,110
HW	G _{or}	874	6,00	*5925,43	*3985,90	*23,23	**718,32	4401,630	5772,125
HW	G _{or}	894	6,90	**3529,97	**2370,98	13,69	**588,78	4401,660	5772,155
HW	G _{or}	914	6,30	534,20	159,92	5,49	33,81	4401,505	5772,000
HW	G _{or}	924	6,50	225,05	71,04	4,69	23,50	4401,525	5772,015
HW	G _{or}	935	6,20	337,49	228,14	8,90	**58,46	4401,545	5772,030
HW	G _{or}	944	5,90	251,58	91,88	5,23	23,47	4401,565	5772,045
HW	G _{or}	954	**5,00	**1868,77	**458,20	8,53	**88,50	4401,585	5772,060
HW	G _{or}	964	5,90	**3029,57	**997,66	15,10	**203,00	4401,605	5772,075
HW	G _{or}	975	-1,00	-1,00	-1,00	9,25	-1,00	4401,625	5772,090
HW	G _{or}	984	6,50	**4941,83	**3107,86	**18,51	**660,79	4401,645	5772,105
HW	G _{or}	994	**5,70	*3376,20	**4443,79	15,10	*764,00	4401,665	5772,125
HW	G _r	115	7,20	**568,60	105,57	5,23	27,41	4401,485	5772,115
HW	G _r	125	6,70	**1096,63	123,88	9,85	27,15	4401,465	5772,100
HW	G _r	135	7,30	*4891,35	*2147,39	*24,34	32,49	4401,445	5772,085
HW	G _r	144	6,80	*6238,13	*3002,83	*26,19	*469,95	4401,425	5772,065
HW	G _r	155	6,50	*12148,27	*3123,19	*51,60	*574,46	4401,405	5772,050
HW	G _r	166	6,60	*19456,19	*2748,02	*77,62	*545,39	4401,385	5772,035
HW	G _r	176	6,50	250,79	105,61	6,35	27,18	4401,365	5772,020
HW	G _r	187	6,80	**426,03	143,36	7,82	*347,15	4401,345	5772,005
HW	G _r	194	7,10	*3547,90	*839,90	*16,84	*226,73	4401,325	5771,985

*: signifikante Ausreißer, **: hochsignifikante Ausreißer

UG	Bhz	Bez	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	Rechtsw.	Hochw.
HW	G _r	225	7,00	*2166,64	143,06	9,07	35,65	4401,480	5772,075
HW	G _r	235	5,60	**1004,63	**347,58	8,29	**74,90	4401,460	5772,060
HW	G _r	245	-1,00	-1,00	-1,00	*30,00	-1,00	4401,440	5772,050
HW	G _r	253	6,00	*2440,20	*2103,67	*13,81	*311,97	4401,420	5772,035
HW	G _r	265	5,80	**1294,17	**269,77	**12,54	**65,08	4401,400	5772,020
HW	G _r	278	**4,90	**438,45	125,66	6,17	29,05	4401,380	5772,000
HW	G _r	287	**7,70	244,56	93,24	10,30	37,77	4401,360	5771,980
HW	G _r	296	7,40	169,13	63,61	4,56	**16,79	4401,340	5771,960
HW	G _r	315	7,00	**408,36	89,50	4,94	31,35	4401,480	5772,050
HW	G _r	343	7,00	*1528,95	*1278,22	9,07	*205,91	4401,420	5772,000
HW	G _r	354	6,50	**1080,46	*409,16	10,01	**69,30	4401,400	5771,980
HW	G _r	366	7,00	199,08	83,70	5,91	**18,36	4401,380	5771,960
HW	G _r	377	6,80	**390,18	138,63	8,08	34,47	4401,360	5771,940
HW	G _r	415	6,20	**721,36	**278,00	9,40	**63,83	4401,460	5772,005
HW	G _r	426	6,10	266,70	**195,99	7,10	35,00	4401,440	5771,990
HW	G _r	434	**7,50	185,53	153,57	5,66	27,52	4401,420	5771,975
HW	G _r	445	5,60	**527,64	**193,34	9,77	**66,61	4401,400	5771,955
HW	G _r	454	6,60	**105,08	76,66	6,38	**55,49	4401,380	5771,940
HW	G _r	464	6,00	**848,86	**226,53	7,53	*199,72	4401,360	5771,925
HW	G _r	475	6,20	**636,62	**329,48	10,22	*302,20	4401,340	5771,905
HW	G _r	485	6,10	**346,51	166,78	6,21	40,98	4401,320	5771,885
HW	G _r	495	**5,20	**485,33	**283,96	6,52	**59,06	4401,300	5771,870
HW	G _r	516	6,00	**373,02	**218,58	9,60	**60,72	4401,450	5771,965
HW	G _r	527	6,50	260,91	84,16	7,65	26,20	4401,430	5771,945
HW	G _r	535	*6,90	202,11	95,18	5,83	25,34	4401,410	5771,930
HW	G _r	544	5,90	**799,31	**245,44	9,84	**55,85	4401,390	5771,910
HW	G _r	555	6,50	200,27	65,70	7,75	25,96	4401,370	5771,895
HW	G _r	564	6,60	**610,41	169,59	6,61	36,90	4401,350	5771,875
HW	G _r	574	6,30	**817,08	148,09	6,35	33,97	4401,330	5771,860
HW	G _r	585	5,40	**452,63	56,68	4,33	**18,73	4401,310	5771,845
HW	G _r	594	7,00	**600,12	161,03	7,72	**45,83	4401,290	5771,830
HW	G _r	615	6,80	252,53	115,72	6,90	34,81	4401,530	5772,110
HW	G _r	625	6,50	276,15	129,39	5,97	33,83	4401,550	5772,130
HW	G _r	645	6,60	**144,79	88,79	7,67	29,44	4401,590	5772,165
HW	G _r	654	7,30	*4674,95	*3140,95	*18,52	*680,10	4401,610	5772,175
HW	G _r	665	6,90	*2727,08	*1279,02	**13,10	*230,73	4401,630	5772,195
HW	G _r	676	5,50	*2049,08	*480,44	**11,01	**84,96	4401,650	5772,210
HW	G _r	746	6,50	257,81	76,04	6,09	24,27	4401,560	5772,105
HW	G _r	755	5,90	*2859,95	*1089,23	**12,81	*233,22	4401,585	5772,115
HW	G _r	775	6,20	**855,80	**273,57	9,01	**71,49	4401,620	5772,155
HW	G _r	785	6,00	**1030,54	*438,05	7,15	**61,69	4401,635	5772,165
HW	G _r	815	6,50	**1109,29	**264,93	9,72	**64,98	4401,515	5772,035
HW	G _r	825	6,20	219,68	122,40	6,05	30,13	4401,530	5772,050
HW	G _r	835	5,80	262,24	140,04	8,24	40,96	4401,550	5772,065
HW	G _r	845	7,00	204,82	90,37	5,83	29,24	4401,570	5772,070
HW	G _r	855	**5,20	**606,29	**183,30	8,08	**52,97	4401,590	5772,095
HW	G _r	865	**5,30	296,98	147,53	6,33	41,07	4401,610	5772,110
HW	G _r	877	5,80	**1316,48	*440,77	7,52	**68,83	4401,630	5772,125
HW	G _r	885	5,70	*5524,26	*3995,49	*47,30	*644,24	4401,645	5772,140
HW	G _r	895	6,80	*4182,42	*3169,00	*16,97	*699,79	4401,660	5772,155
HW	G _r	915	5,90	193,76	118,16	5,56	28,40	4401,505	5772,000
HW	G _r	925	6,60	**132,23	76,09	5,74	24,64	4401,525	5772,015
HW	G _r	945	5,80	279,75	126,75	8,12	34,59	4401,565	5772,045
HW	G _r	955	6,00	206,36	84,84	5,41	24,33	4401,585	5772,060
HW	G _r	965	6,00	**381,42	**351,36	5,62	33,34	4401,605	5772,075
HW	G _r	976	*4,40	*1450,63	*602,48	**11,51	*137,06	4401,625	5772,090

*: signifikante Ausreißer, **: hochsignifikante Ausreißer

UG	Bhz	Bez	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	Rechtsw.	Hochw.
HW	G _r	986	**5,10	*2073,04	*1018,93	**12,50	*240,00	4401,645	5772,105
HW	G _r	995	5,40	**865,12	*571,99	*20,63	*102,07	4401,665	5772,125
VA	A _p	111	**6,80	**1056,76	-1,00	**7,59	**124,26	4403,235	5758,170
VA	A _p	121	**7,10	*1648,79	*399,68	6,05	*196,20	4403,240	5758,150
VA	A _p	131	**7,30	**1030,98	278,51	6,53	110,03	4403,240	5758,120
VA	A _p	141	**7,50	827,77	252,66	6,75	105,41	4403,250	5758,100
VA	A _p	151	**7,30	846,20	275,37	6,06	99,88	4403,250	5758,080
VA	A _p	161	**7,30	832,82	256,64	6,47	102,29	4403,260	5758,050
VA	A _p	171	**7,50	844,16	255,35	6,46	102,02	4403,260	5758,040
VA	A _p	181	**7,20	836,04	267,09	6,07	103,69	4403,270	5758,010
VA	A _p	211	**7,60	**976,66	257,60	6,33	**118,94	4403,210	5758,170
VA	A _p	221	7,80	**1062,39	271,62	**4,75	**116,80	4403,210	5758,150
VA	A _p	231	8,00	919,27	268,53	6,73	98,58	4403,220	5758,130
VA	A _p	241	8,00	**996,15	264,67	6,72	110,55	4403,220	5758,100
VA	A _p	251	8,00	889,23	249,13	6,78	105,48	4403,230	5758,080
VA	A _p	261	8,00	826,40	249,41	6,40	110,65	4403,230	5758,060
VA	A _p	271	8,10	859,57	246,01	5,80	111,97	4403,240	5758,040
VA	A _p	281	8,10	*1557,77	*323,90	**8,35	103,79	4403,240	5758,020
VA	A _p	311	7,80	**1041,27	**311,76	**7,21	**131,80	4403,190	5758,180
VA	A _p	321	7,80	897,67	261,15	**5,16	**132,64	4403,190	5758,150
VA	A _p	331	8,00	867,50	272,56	6,32	99,92	4403,200	5758,130
VA	A _p	341	8,10	897,31	*390,17	*17,66	103,83	4403,200	5758,110
VA	A _p	351	8,10	**941,09	**301,15	6,50	110,44	4403,210	5758,090
VA	A _p	361	7,80	805,25	259,17	6,09	106,09	4403,210	5758,060
VA	A _p	371	8,10	832,45	243,42	5,74	108,84	4403,220	5758,040
VA	A _p	381	**8,50	**720,51	251,26	**7,66	**89,81	4403,220	5758,020
VA	A _p	411	7,80	**982,08	272,40	5,96	**137,14	4403,160	5758,190
VA	A _p	421	7,90	907,94	**293,01	6,13	108,82	4403,170	5758,160
VA	A _p	431	8,20	804,37	**299,98	*10,56	**86,46	4403,170	5758,140
VA	A _p	441	8,10	896,23	**236,98	6,12	**123,30	4403,180	5758,120
VA	A _p	451	8,20	**760,89	*187,65	5,78	**89,17	4403,180	5758,100
VA	A _p	461	8,00	870,12	*345,78	**7,80	110,13	4403,180	5758,080
VA	A _p	471	8,10	856,78	260,81	5,80	103,67	4403,190	5758,050
VA	A _p	481	**7,00	**708,22	254,42	**7,09	**85,77	4403,200	5758,030
VA	II _(Go) M	113	**7,20	963,19	244,48	6,17	104,86	4403,235	5758,170
VA	II _(Go) M	123	7,50	1184,90	286,08	4,41	**160,14	4403,240	5758,150
VA	II _(Go) M	133	7,60	1173,40	331,71	5,78	147,07	4403,245	5758,125
VA	II _(Go) M	143	7,60	943,41	295,92	5,43	128,22	4403,250	5758,100
VA	II _(Go) M	153	7,50	810,89	231,33	5,18	119,82	4403,255	5758,080
VA	II _(Go) M	163	7,50	990,81	258,58	5,80	147,41	4403,260	5758,055
VA	II _(Go) M	174	7,80	387,75	214,05	4,14	52,31	4403,265	5758,040
VA	II _(Go) M	183	7,60	858,30	252,00	5,28	114,55	4403,270	5758,015
VA	II _(Go) M	213	8,10	836,06	254,21	5,64	104,74	4403,210	5758,175
VA	II _(Go) M	223	8,00	819,41	117,04	**3,74	62,88	4403,215	5758,155
VA	II _(Go) M	233	8,30	756,14	226,76	5,62	89,79	4403,220	5758,130
VA	II _(Go) M	243	8,20	**1357,60	**386,64	5,89	**186,52	4403,225	5758,105
VA	II _(Go) M	253	8,30	448,65	154,38	4,53	58,19	4403,230	5758,085
VA	II _(Go) M	263	8,40	552,02	200,68	5,77	104,52	4403,235	5758,060
VA	II _(Go) M	273	8,30	283,83	104,55	5,60	41,21	4403,240	5758,045
VA	II _(Go) M	284	7,70	370,20	185,02	5,33	54,91	4403,245	5758,020
VA	II _(Go) M	313	8,30	1093,35	268,90	5,42	140,85	4403,190	5758,180
VA	II _(Go) M	333	8,20	921,57	179,65	4,75	94,89	4403,200	5758,135
VA	II _(Go) M	343	8,30	645,25	237,01	4,78	93,20	4403,205	5758,110
VA	II _(Go) M	353	8,70	779,89	269,25	**6,46	101,20	4403,210	5758,090
VA	II _(Go) M	362	8,30	742,63	250,30	5,05	126,38	4403,215	5758,065
VA	II _(Go) M	373	8,30	295,07	85,12	4,89	48,21	4403,220	5758,045

*: signifikante Ausreißer, **: hochsignifikante Ausreißer

UG	Bhz	Bez	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	Rechtsw.	Hochw.
VA	II _(Go) M	383	8,20	271,64	100,81	5,39	38,53	4403,225	5758,025
VA	II _(Go) M	413	8,00	1063,48	269,77	6,14	** 164,71	4403,165	5758,190
VA	II _(Go) M	422	8,30	862,86	97,13	4,52	49,60	4403,168	5758,165
VA	II _(Go) M	433	8,40	856,12	220,45	6,12	68,76	4403,173	5758,145
VA	II _(Go) M	444	8,40	560,34	145,31	4,70	56,78	4403,178	5758,120
VA	II _(Go) M	453	8,40	250,65	98,67	4,41	60,89	4403,182	5758,100
VA	II _(Go) M	463	8,30	600,34	150,12	5,60	87,31	4403,185	5758,080
VA	II _(Go) M	473	8,40	345,00	78,17	4,50	97,65	4403,190	5758,055
VA	II _(Go) M	482	7,90	424,06	146,97	** 6,61	57,11	4403,200	5758,035
VG	A _p	111	8,00	622,97	269,90	5,46	90,14	4403,290	5758,220
VG	A _p	121	7,90	693,47	257,98	6,97	93,01	4403,300	5758,200
VG	A _p	131	7,70	732,36	217,26	5,81	86,56	4403,310	5758,180
VG	A _p	141	7,80	838,15	280,50	6,85	111,87	4403,320	5758,160
VG	A _p	151	7,60	767,76	257,81	7,46	107,51	4403,330	5758,140
VG	A _p	161	7,60	745,78	236,19	7,21	102,15	4403,350	5758,120
VG	A _p	171	7,80	898,25	296,86	7,73	118,64	4403,360	5758,100
VG	A _p	181	8,00	875,59	310,11	6,64	123,19	4403,370	5758,070
VG	A _p	211	7,70	650,84	** 196,54	5,31	90,86	4403,320	5758,220
VG	A _p	221	7,50	534,17	234,12	** 8,76	60,15	4403,330	5758,190
VG	A _p	231	8,20	716,84	220,43	5,85	78,67	4403,340	5758,170
VG	A _p	241	7,80	813,75	310,15	6,06	134,12	4403,350	5758,150
VG	A _p	251	7,80	680,45	276,98	6,99	123,14	4403,360	5758,130
VG	A _p	261	7,80	815,95	303,33	6,10	127,40	4403,370	5758,110
VG	A _p	271	8,00	749,23	274,68	6,85	121,52	4403,380	5758,090
VG	A _p	281	8,20	670,82	242,61	7,28	113,09	4403,390	5758,070
VG	A _p	291	** 8,50	649,46	243,89	5,56	101,74	4403,500	5758,050
VG	A _p	311	** 8,30	** 353,38	** 136,61	4,91	39,69	4403,350	5758,210
VG	A _p	321	7,70	** 411,08	** 163,84	5,24	46,63	4403,360	5758,190
VG	A _p	331	7,80	** 492,33	** 197,31	6,24	64,85	4403,370	5758,170
VG	A _p	341	8,00	654,85	261,76	6,13	113,09	4403,380	5758,150
VG	A _p	351	8,00	713,61	304,31	7,05	139,90	4403,390	5758,130
VG	A _p	361	** 7,40	777,14	275,37	6,24	143,13	4403,400	5758,110
VG	A _p	371	7,50	825,87	289,46	6,80	140,08	4403,410	5758,090
VG	A _p	381	7,80	799,51	316,51	7,15	149,29	4403,420	5758,070
VG	A _p	411	7,70	** 308,56	** 171,24	7,83	33,95	4403,370	5758,220
VG	A _p	421	** 8,50	** 192,84	** 80,02	* 3,61	** 24,62	4403,380	5758,190
VG	A _p	431	8,00	** 458,97	** 175,14	5,63	53,66	4403,390	5758,170
VG	A _p	441	** 8,30	611,67	269,83	7,44	111,17	4403,400	5758,150
VG	A _p	451	7,90	722,50	274,01	6,27	142,57	4403,410	5758,130
VG	A _p	461	8,00	789,57	289,95	5,42	162,16	4403,420	5758,110
VG	A _p	471	7,50	772,30	286,97	7,63	137,85	4403,430	5758,090
VG	A _p	481	7,70	733,08	306,27	7,31	119,37	4403,450	5758,070
VG	A _p	511	7,70	** 257,56	** 103,35	** 3,99	31,69	4403,400	5758,220
VG	A _p	521	8,20	* 81,45	* 33,59	* 3,12	** 10,36	4403,410	5758,200
VG	A _p	531	7,70	** 260,91	** 126,32	5,04	31,46	4403,420	5758,180
VG	A _p	541	8,20	** 365,87	** 163,73	6,01	52,97	4403,430	5758,160
VG	A _p	551	8,00	538,75	236,69	6,55	105,69	4403,440	5758,140
VG	A _p	561	7,90	692,17	256,23	6,34	130,89	4403,450	5758,120
VG	A _p	571	8,00	548,11	260,77	5,59	88,90	4403,460	5758,090
VG	A _p	581	7,80	591,23	247,21	8,06	89,16	4403,470	5758,070
VG	II _(Go) M	112	7,80	** 732,26	** 242,68	4,10	** 119,17	4403,295	5758,225
VG	II _(Go) M	123	7,90	211,08	63,87	6,31	33,72	4403,305	5758,200
VG	II _(Go) M	133	7,80	** 889,81	** 196,78	3,81	** 105,07	4403,315	5758,180
VG	II _(Go) M	142	7,90	** 888,20	** 415,72	3,55	** 156,88	4403,325	5758,160
VG	II _(Go) M	153	8,20	233,76	88,42	7,28	35,90	4403,335	5758,140
VG	II _(Go) M	163	8,40	** 761,87	-1,00	6,01	96,13	4403,350	5758,120

*: signifikante Ausreißer, **: hochsignifikante Ausreißer

UG	Bhz	Bez	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	Rechtsw.	Hochw.
VG	II _(Go) M	173	8,30	249,31	**249,31	5,24	100,00	4403,360	5758,100
VG	II _(Go) M	213	8,10	**690,75	146,16	4,08	96,17	4403,320	5758,220
VG	II _(Go) M	223	7,70	256,18	112,14	6,12	31,34	4403,330	5758,195
VG	II _(Go) M	233	8,00	**789,19	**196,78	3,98	45,76	4403,340	5758,175
VG	II _(Go) M	243	**7,60	456,68	**200,12	4,65	87,19	4403,350	5758,155
VG	II _(Go) M	253	8,30	413,13	87,14	**3,13	28,90	4403,360	5758,135
VG	II _(Go) M	263	8,30	223,80	63,84	6,85	39,99	4403,370	5758,115
VG	II _(Go) M	273	8,30	**777,49	**252,22	5,87	**118,35	4403,380	5758,095
VG	II _(Go) M	283	8,50	219,45	95,15	5,99	36,36	4403,390	5758,075
VG	II _(Go) M	293	8,40	148,75	81,09	4,14	21,33	4403,505	5758,055
VG	II _(Go) M	314	8,20	367,94	148,39	4,37	46,66	4403,350	5758,215
VG	II _(Go) M	324	7,80	253,59	90,64	5,36	27,91	4403,360	5758,190
VG	II _(Go) M	332	8,30	413,28	163,80	5,80	58,49	4403,370	5758,170
VG	II _(Go) M	343	8,10	275,79	106,69	7,13	51,72	4403,380	5758,150
VG	II _(Go) M	353	8,10	116,80	50,01	7,17	17,53	4403,390	5758,130
VG	II _(Go) M	363	7,80	**534,37	135,41	6,57	90,09	4403,400	5758,110
VG	II _(Go) M	373	8,10	305,17	109,26	5,24	67,48	4403,410	5758,090
VG	II _(Go) M	384	7,80	101,20	48,94	6,75	15,70	4403,425	5758,070
VG	II _(Go) M	413	8,20	254,43	113,45	4,03	29,73	4403,375	5758,220
VG	II _(Go) M	422	8,50	255,47	124,42	4,57	31,59	4403,385	5758,190
VG	II _(Go) M	433	8,50	268,17	101,92	5,20	42,84	4403,395	5758,170
VG	II _(Go) M	443	8,30	430,09	161,61	5,63	85,59	4403,405	5758,150
VG	II _(Go) M	453	8,20	248,39	71,68	6,59	32,50	4403,415	5758,130
VG	II _(Go) M	463	8,00	376,45	136,09	5,51	73,91	4403,425	5758,110
VG	II _(Go) M	473	7,80	456,04	104,89	6,46	58,98	4403,435	5758,090
VG	II _(Go) M	483	8,10	303,66	113,82	6,45	58,13	4403,450	5758,070
VG	II _(Go) M	513	8,40	250,89	76,76	**2,49	27,90	4403,400	5758,225
VG	II _(Go) M	523	7,70	258,40	138,02	4,83	34,78	4403,410	5758,200
VG	II _(Go) M	533	8,10	99,33	56,47	4,29	15,67	4403,420	5758,180
VG	II _(Go) M	543	7,70	288,88	126,76	5,47	51,70	4403,430	5758,160
VG	II _(Go) M	553	8,10	413,42	118,93	6,55	78,53	4403,440	5758,140
VG	II _(Go) M	563	8,30	**692,82	159,26	5,59	**118,06	4403,450	5758,120
VG	II _(Go) M	573	8,50	331,83	106,02	6,13	60,16	4403,460	5758,095
VG	II _(Go) M	583	8,10	458,71	172,41	5,70	81,00	4403,470	5758,075
VW	A _h	111	**7,30	*1644,95	529,21	**14,01	*302,01	5706,600	5753,790
VW	A _h	121	7,00	1008,20	540,66	13,05	135,74	5706,610	5753,790
VW	A _h	131	7,10	1040,45	579,53	9,66	187,69	5706,620	5753,800
VW	A _h	211	6,70	912,66	398,43	10,18	118,51	5706,590	5753,800
VW	A _h	221	6,60	1058,86	492,23	12,08	154,66	5706,600	5753,810
VW	A _h	231	5,80	1043,71	460,23	7,31	**234,63	5706,610	5753,810
VW	A _h	311	5,90	1093,28	**633,79	*17,86	164,21	5706,580	5753,820
VW	A _h	321	5,50	685,03	401,40	7,23	140,11	5706,590	5753,820
VW	A _h	411	5,80	816,74	429,22	10,64	152,66	5706,570	5753,830
VW	A _h	421	5,50	884,43	393,41	9,06	157,23	5706,580	5753,840
VW	A _h	431	5,50	860,69	418,27	8,34	164,67	5706,590	5753,840
VW	A _h	511	6,10	*2292,20	577,40	8,85	*524,65	5706,560	5753,850
VW	A _h	521	6,30	759,48	416,56	7,99	156,89	5706,570	5753,850
VW	A _h	531	5,60	820,90	**742,23	9,25	185,74	5706,580	5753,860
VW	A _h	541	6,30	953,28	**286,36	11,80	**91,94	5706,590	5753,860
VW	A _h	611	6,80	787,94	**292,11	7,26	*268,34	5706,560	5753,860
VW	A _h	621	6,20	838,02	444,87	8,32	126,97	5706,570	5753,870
VW	A _h	631	5,10	**467,57	521,11	7,12	138,41	5706,580	5753,870
VW	A _h	711	*5,80	**262,19	**197,55	**4,18	**66,12	5706,550	5753,880
VW	A _h	731	5,90	930,17	379,63	11,08	122,74	5706,570	5753,880
VW	A _h	821	5,80	741,42	443,59	8,39	143,49	5706,560	5753,900
VW	A _h	831	5,90	852,61	**242,04	9,77	**81,75	5706,570	5753,900

*: signifikante Ausreißer, **: hochsignifikante Ausreißer

UG	Bhz	Bez	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	Rechtsw.	Hochw.
VW	A _h	911	6,30	1033,71	535,08	13,01	173,97	5706,550	5753,910
VW	A _h	921	7,00	**1276,17	403,73	**15,27	109,92	5706,550	5753,910
VW	II _(Go) M	112	**7,50	**1175,64	291,71	9,84	155,04	5706,600	5753,790
VW	II _(Go) M	122	**7,10	879,02	380,60	8,45	121,16	5706,608	5753,793
VW	II _(Go) M	132	**7,00	**351,27	*125,71	**4,51	**43,72	5706,616	5753,796
VW	II _(Go) M	212	**6,90	690,06	298,45	6,29	135,16	5706,592	5753,805
VW	II _(Go) M	222	**6,70	981,66	371,27	7,54	165,07	5706,600	5753,808
VW	II _(Go) M	232	5,80	873,48	**571,39	9,77	**206,06	5706,608	5753,811
VW	II _(Go) M	312	6,00	896,42	416,76	10,41	140,94	5706,580	5753,820
VW	II _(Go) M	322	5,80	690,93	299,30	5,65	119,66	5706,588	5753,823
VW	II _(Go) M	412	5,90	757,66	376,68	7,99	152,66	5706,570	5753,835
VW	II _(Go) M	422	6,00	1008,86	330,08	7,27	166,62	5706,580	5753,838
VW	II _(Go) M	432	5,80	*1098,77	417,84	7,43	**227,06	5706,590	5753,841
VW	II _(Go) M	512	6,20	897,17	314,35	5,71	**238,40	5706,565	5753,850
VW	II _(Go) M	522	6,20	808,69	322,93	5,69	161,22	5706,572	5753,853
VW	II _(Go) M	532	5,80	984,83	**535,32	7,91	**261,47	5706,582	5753,856
VW	II _(Go) M	542	**6,60	**1214,75	**223,61	7,67	112,23	5706,592	5753,859
VW	II _(Go) M	612	**6,80	849,82	*230,35	8,01	**89,35	5706,560	5753,865
VW	II _(Go) M	622	**6,50	886,91	336,87	5,94	127,84	5706,570	5753,868
VW	II _(Go) M	632	**5,20	**564,88	*502,84	8,30	170,43	5706,580	5753,871
VW	II _(Go) M	713	5,80	**210,24	**85,44	5,90	**34,95	5706,555	5753,878
VW	II _(Go) M	732	6,00	**1443,45	344,99	*15,43	106,34	5706,572	5753,884
VW	II _(Go) M	822	**5,50	772,05	409,81	7,77	173,28	5706,560	5753,896
VW	II _(Go) M	832	6,10	**1444,83	335,69	*15,26	105,39	5706,568	5753,898
VW	II _(Go) M	912	5,80	860,56	394,75	9,22	163,83	5706,550	5753,910
VW	II _(Go) M	922	**6,50	**1291,87	373,13	*12,47	122,14	5706,555	5753,913

*: signifikante Ausreißer, **: hochsignifikante Ausreißer

A.2 Deskriptive Statistik Gesamtproben

UG	BHZ	Var	n	n _{miss}	min	max	\bar{x}	s	n	n _{miss}	min	max	\bar{x}	s
Grunddaten									ausreißerbereinigt					
HA	A _p	pH	78	0	7,50	8,90	8,15	0,32	72	6	7,70	8,60	8,13	0,27
HA	A _p	Zn	78	0	2842,28	4600,45	3630,18	398,48	61	17	3063,04	4011,24	3535,48	243,65
HA	A _p	Pb	78	0	2001,08	3641,06	2750,15	356,64	72	6	2196,18	3289,22	2765,51	305,33
HA	A _p	Cd	78	0	10,17	20,22	14,37	2,25	74	4	11,07	18,20	14,34	2,02
HA	A _p	Cu	78	0	184,32	928,18	525,24	98,03	71	7	410,17	620,30	515,93	59,61
HA	G _o	pH	78	0	6,90	9,10	8,23	0,38	66	12	7,90	8,70	8,28	0,23
HA	G _o	Zn	78	0	1811,14	6863,67	3771,42	782,60	46	32	3083,62	4090,30	3481,42	229,86
HA	G _o	Pb	78	0	588,42	5068,62	2871,78	838,92	58	20	1845,27	3835,53	2601,17	456,20
HA	G _o	Cd	78	0	7,94	43,76	15,02	5,09	50	28	10,77	20,56	13,18	1,58
HA	G _o	Cu	78	0	117,17	914,48	547,85	147,50	43	35	345,51	569,28	496,82	44,86
HA	G _{ro}	pH	41	1	5,80	9,10	7,88	0,70	31	11	7,30	8,70	8,15	0,33
HA	G _{ro}	Zn	40	2	564,47	7182,53	3527,49	1117,09	35	7	2373,82	4647,99	3455,74	626,59
HA	G _{ro}	Pb	42	0	304,44	4434,21	2323,55	1064,41	41	1	304,44	4434,21	2329,85	1076,84
HA	G _{ro}	Cd	41	1	6,71	56,53	15,66	7,49	29	13	10,03	16,45	13,48	1,80
HA	G _{ro}	Cu	41	1	42,93	1004,68	449,61	217,56	40	2	42,93	834,63	435,74	201,12
HA	G _{or}	pH	77	0	5,50	8,60	6,86	0,66	50	27	6,00	7,20	6,64	0,33
HA	G _{or}	Zn	77	0	103,70	4438,21	1230,99	914,62	48	29	103,70	1169,39	646,01	295,88
HA	G _{or}	Pb	77	0	72,00	4495,86	558,67	707,71	54	23	72,00	1001,85	262,86	160,69
HA	G _{or}	Cd	77	0	4,65	20,57	8,16	2,93	62	15	4,65	9,33	6,99	1,26
HA	G _{or}	Cu	73	4	18,55	699,19	96,20	118,34	43	34	18,55	55,31	35,98	10,33
HA	G _r	pH	27	1	5,10	7,30	6,55	0,51	22	6	6,30	7,30	6,74	0,30
HA	G _r	Zn	26	2	98,62	2882,28	546,22	701,34	19	9	98,62	354,43	232,87	79,24
HA	G _r	Pb	26	2	49,58	967,23	193,19	245,93	15	13	66,07	118,67	92,99	15,47
HA	G _r	Cd	26	2	3,59	14,27	6,50	2,09	17	11	4,81	6,99	5,96	0,64
HA	G _r	Cu	27	1	13,92	345,14	48,41	66,90	18	10	13,92	30,13	22,31	4,44
HG	A _p	pH	57	0	6,20	8,50	7,73	0,40	39	18	7,40	8,00	7,71	0,16
HG	A _p	Zn	57	0	2759,74	4145,77	3517,42	369,95	48	9	3136,85	4145,77	3634,76	267,88
HG	A _p	Pb	57	0	2098,27	3519,35	2894,85	373,04	55	2	2276,05	3519,35	2922,37	349,65
HG	A _p	Cd	57	0	9,15	23,42	12,83	2,55	51	6	9,15	15,29	12,24	1,76
HG	A _p	Cu	57	0	352,14	759,84	516,75	86,35	34	23	489,34	581,91	535,53	24,56
HG	G _o	pH	32	0	7,40	8,80	8,07	0,39	32	0	7,40	8,80	8,07	0,39
HG	G _o	Zn	32	0	2254,43	4119,84	3080,05	505,55	29	3	2254,43	3682,12	2978,08	409,59
HG	G _o	Pb	32	0	1431,37	3849,39	2587,58	731,11	32	0	1431,37	3849,39	2587,58	731,11
HG	G _o	Cd	32	0	5,68	17,71	11,18	2,38	23	9	9,55	11,89	10,57	0,64
HG	G _o	Cu	31	1	248,36	612,47	417,56	98,39	31	1	248,36	612,47	417,56	98,39
HG	G _{ro}	pH	47	0	7,10	9,00	8,12	0,38	36	11	7,80	8,50	8,11	0,21
HG	G _{ro}	Zn	47	0	2361,46	4365,55	3022,01	431,08	41	6	2361,46	3435,35	2898,72	284,92
HG	G _{ro}	Pb	47	0	1623,29	3604,43	2298,12	444,66	45	2	1623,29	2963,28	2249,59	384,73
HG	G _{ro}	Cd	47	0	8,65	15,93	10,92	1,48	44	3	8,65	12,78	10,67	1,12
HG	G _{ro}	Cu	47	0	313,77	563,34	407,55	58,69	44	3	313,77	487,90	398,71	49,07
HG	G _{or}	pH	53	0	5,30	9,00	7,41	0,87	35	18	7,10	8,50	7,83	0,37
HG	G _{or}	Zn	53	0	1213,23	6286,47	3373,04	1043,15	46	7	1826,01	4639,25	3191,39	785,29
HG	G _{or}	Pb	53	0	513,00	4895,10	2139,09	965,30	30	23	1311,14	2256,00	1782,32	269,35
HG	G _{or}	Cd	53	0	6,82	33,15	14,07	5,55	39	14	7,87	15,83	11,67	2,36
HG	G _{or}	Cu	53	0	72,07	888,76	382,50	170,90	26	27	231,23	372,89	306,44	39,94
HG	G _r	pH	53	0	4,80	8,70	6,61	0,76	50	3	5,40	7,70	6,57	0,63
HG	G _r	Zn	53	0	446,67	6300,81	3158,81	1542,66	52	1	446,67	5582,37	3098,39	1493,04
HG	G _r	Pb	53	0	171,48	7134,13	1935,34	1534,14	41	12	171,48	2688,43	1251,55	749,00
HG	G _r	Cd	53	0	5,56	33,27	14,82	6,80	44	9	5,56	20,01	12,43	4,38
HG	G _r	Cu	53	0	35,40	1256,84	362,93	288,87	35	18	35,40	420,42	190,95	119,93
HW	A _h	pH	75	0	5,20	7,90	6,64	0,57	69	6	5,70	7,60	6,66	0,50
HW	A _h	Zn	75	0	2323,47	6099,92	4044,68	722,87	64	11	3076,14	4879,39	3955,40	509,68
HW	A _h	Pb	75	0	1765,19	4967,54	3276,60	706,51	67	8	2250,27	4366,18	3316,95	566,24
HW	A _h	Cd	75	0	13,07	62,78	28,16	10,32	64	11	13,07	36,55	24,91	6,17
HW	A _h	Cu	75	0	284,23	2373,45	619,01	283,24	64	11	405,21	732,37	585,16	96,77
HW	G _o	pH	34	2	5,10	8,00	6,74	0,62	16	20	6,30	6,60	6,44	0,09
HW	G _o	Zn	34	2	1118,73	6752,37	3670,68	1026,61	22	14	3051,61	4040,74	3508,85	275,12
HW	G _o	Pb	34	2	379,12	5882,09	3859,98	1224,44	33	3	2279,27	5882,09	3965,46	1075,17
HW	G _o	Cd	34	2	7,94	46,90	19,00	7,35	26	10	10,88	21,35	16,44	3,11
HW	G _o	Cu	35	1	83,45	3473,61	681,13	530,45	30	6	400,98	801,80	588,59	119,98
HW	G _{ro}	pH	58	2	4,80	7,80	6,45	0,64	44	16	5,80	7,10	6,46	0,37
HW	G _{ro}	Zn	58	2	353,01	8573,09	3945,57	1560,35	51	9	1849,81	5697,83	3852,06	1050,40
HW	G _{ro}	Pb	58	2	150,25	6932,93	3322,72	1416,17	49	11	1559,64	5003,34	3362,63	967,93
HW	G _{ro}	Cd	59	1	5,61	88,41	19,05	11,64	44	16	10,84	22,93	16,49	3,78
HW	G _{ro}	Cu	59	1	51,62	3437,04	558,85	442,99	48	12	304,36	804,78	558,43	139,00
HW	G _{or}	pH	61	2	4,20	7,70	6,34	0,65	44	19	5,80	6,90	6,37	0,30

UG	BHZ	Var	n	n _{miss}	min	max	\bar{x}	s	n	n _{miss}	min	max	\bar{x}	s
Grunddaten									ausreißerbereinigt					
HW	G _{or}	Zn	61	2	187,63	6413,06	1842,98	1649,78	32	31	187,63	1194,00	599,81	325,02
HW	G _{or}	Pb	62	1	71,04	4959,66	1108,66	1324,40	32	31	71,04	2503,37	232,82	417,86
HW	G _{or}	Cd	62	1	3,85	30,26	10,41	5,31	51	12	3,85	15,10	8,71	3,25
HW	G _{or}	Cu	61	2	23,47	764,00	194,30	225,44	25	38	23,47	44,75	32,15	6,89
HW	G _r	pH	66	1	4,40	7,70	6,31	0,68	57	10	5,40	7,40	6,39	0,53
HW	G _r	Zn	66	1	105,08	19456,19	1558,51	2956,53	19	48	169,13	296,98	233,11	37,33
HW	G _r	Pb	66	1	56,68	3995,49	594,70	936,54	33	34	56,68	169,59	112,41	32,30
HW	G _r	Cd	67	0	4,33	77,62	11,68	11,81	50	17	4,33	10,30	7,30	1,65
HW	G _r	Cu	66	1	16,79	699,79	123,78	172,74	30	37	24,27	41,07	31,45	5,11
VA	A _p	pH	32	0	6,80	8,50	7,78	0,41	21	11	7,80	8,20	8,00	0,13
VA	A _p	Zn	32	0	708,22	1648,79	931,27	198,05	19	13	804,37	919,27	858,79	34,72
VA	A _p	Pb	31	1	187,65	399,68	276,06	42,74	21	11	243,42	278,51	260,37	10,18
VA	A _p	Cd	32	0	4,75	17,66	6,92	2,22	22	10	5,74	6,78	6,25	0,34
VA	A _p	Cu	32	0	85,77	196,20	110,89	19,92	20	12	98,58	111,97	105,80	4,14
VA	II _(Go) M	pH	31	0	7,20	8,70	8,06	0,37	30	1	7,50	8,70	8,09	0,34
VA	II _(Go) M	Zn	31	0	250,65	1357,60	724,15	305,70	30	1	250,65	1184,90	703,04	287,01
VA	II _(Go) M	Pb	31	0	78,17	386,64	204,55	78,65	30	1	78,17	331,71	198,48	72,23
VA	II _(Go) M	Cd	31	0	3,74	6,61	5,28	0,71	28	3	4,14	6,17	5,24	0,59
VA	II _(Go) M	Cu	31	0	38,53	186,52	95,59	40,59	28	3	38,53	147,41	87,57	33,56
VG	A _p	pH	41	0	7,40	8,50	7,89	0,26	36	5	7,50	8,20	7,85	0,20
VG	A _p	Zn	41	0	81,45	898,25	619,74	201,07	31	10	534,17	898,25	716,97	95,63
VG	A _p	Pb	41	0	33,59	316,51	235,51	67,78	30	11	217,26	316,51	270,27	27,77
VG	A _p	Cd	41	0	3,12	8,76	6,30	1,18	37	4	4,91	8,06	6,46	0,85
VG	A _p	Cu	41	0	10,36	162,16	96,27	39,39	39	2	31,46	162,16	100,31	35,88
VG	II _(Go) M	pH	40	0	7,60	8,50	8,11	0,26	39	1	7,70	8,50	8,12	0,25
VG	II _(Go) M	Zn	40	0	99,33	889,81	392,42	220,88	31	9	99,33	458,71	288,39	102,78
VG	II _(Go) M	Pb	39	1	48,94	415,72	134,03	70,39	32	8	48,94	172,41	108,55	34,49
VG	II _(Go) M	Cd	40	0	2,49	7,28	5,38	1,19	38	2	3,55	7,28	5,51	1,06
VG	II _(Go) M	Cu	40	0	15,67	156,88	60,22	34,52	35	5	15,67	100,00	51,18	25,48
VW	A _h	pH	24	0	5,10	7,30	6,16	0,59	22	2	5,10	7,10	6,12	0,56
VW	A _h	Zn	24	0	262,19	2292,20	961,03	384,50	19	5	685,03	1093,28	901,14	120,45
VW	A _h	Pb	24	0	197,55	742,23	448,28	124,66	18	6	379,63	579,53	464,70	66,75
VW	A _h	Cd	24	0	4,18	17,86	10,07	3,04	20	4	7,12	13,05	9,52	1,90
VW	A _h	Cu	24	0	66,12	524,65	170,96	92,62	17	7	109,92	187,69	149,04	22,57
VW	II _(Go) M	pH	24	0	5,20	7,50	6,23	0,56	13	11	5,80	6,20	5,94	0,16
VW	II _(Go) M	Zn	24	0	210,24	1444,83	901,41	295,86	15	9	690,06	1008,86	855,88	98,08
VW	II _(Go) M	Pb	24	0	85,44	571,39	345,41	111,41	17	7	291,71	417,84	353,84	42,17
VW	II _(Go) M	Cd	24	0	4,51	15,43	8,35	2,80	20	4	5,65	10,41	7,64	1,46
VW	II _(Go) M	Cu	24	0	34,95	261,47	145,83	54,20	17	7	105,39	173,28	141,12	23,87
HA	oben	pH	197	1	5,80	9,10	8,13	0,46	169	29	7,30	8,70	8,19	0,27
HA	oben	Zn	196	2	564,47	7182,53	3665,43	750,34	142	56	2373,82	4647,99	3498,31	371,40
HA	oben	Pb	198	0	304,44	5068,62	2707,58	776,81	171	27	304,44	4434,21	2605,31	640,89
HA	oben	Cd	197	1	6,71	56,53	14,90	4,88	153	45	10,03	20,56	13,80	1,91
HA	oben	Cu	197	1	42,93	1004,68	518,45	152,76	154	44	42,93	834,63	489,77	116,55
HA	unten	pH	104	1	5,10	8,60	6,78	0,64	72	33	6,00	7,30	6,67	0,32
HA	unten	Zn	103	2	98,62	4438,21	1058,14	912,81	67	38	98,62	1169,39	528,85	315,05
HA	unten	Pb	103	2	49,58	4495,86	466,41	643,01	69	36	66,07	1001,85	225,93	158,61
HA	unten	Cd	103	2	3,59	20,57	7,74	2,83	79	26	4,65	9,33	6,77	1,23
HA	unten	Cu	100	5	13,92	699,19	83,30	108,69	61	44	13,92	55,31	31,95	10,95
HG	oben	pH	136	0	6,20	9,00	7,95	0,43	107	29	7,40	8,80	7,95	0,32
HG	oben	Zn	136	0	2254,43	4365,55	3243,30	483,60	118	18	2254,43	4145,77	3217,63	466,88
HG	oben	Pb	136	0	1431,37	3849,39	2616,33	562,17	132	4	1431,37	3849,39	2611,85	558,85
HG	oben	Cd	136	0	5,68	23,42	11,78	2,36	118	18	8,65	15,29	11,33	1,58
HG	oben	Cu	135	1	248,36	759,84	455,95	95,92	109	27	248,36	612,47	446,75	86,59
HG	unten	pH	106	0	4,80	9,00	7,01	0,90	85	21	5,40	8,50	7,09	0,82
HG	unten	Zn	106	0	446,67	6300,81	3265,92	1314,93	98	8	446,67	5582,37	3142,04	1208,43
HG	unten	Pb	106	0	171,48	7134,13	2037,21	1279,66	71	35	171,48	2688,43	1475,82	648,35
HG	unten	Cd	106	0	5,56	33,27	14,45	6,19	83	23	5,56	20,01	12,08	3,57
HG	unten	Cu	106	0	35,40	1256,84	372,71	236,41	61	45	35,40	420,42	240,17	110,14
HW	oben	pH	167	4	4,80	8,00	6,59	0,61	129	42	5,70	7,60	6,56	0,43
HW	oben	Zn	167	4	353,01	8573,09	3934,12	1139,41	137	34	1849,81	5697,83	3845,22	749,47
HW	oben	Pb	167	4	150,25	6932,93	3411,39	1123,11	149	22	1559,64	5882,09	3475,60	875,16
HW	oben	Cd	168	3	5,61	88,41	23,11	11,21	134	37	10,84	36,55	20,50	6,51
HW	oben	Cu	169	2	51,62	3473,61	610,87	402,54	142	29	304,36	804,78	576,85	117,31
HW	unten	pH	127	3	4,20	7,70	6,33	0,66	101	29	5,40	7,40	6,38	0,44
HW	unten	Zn	127	3	105,08	19456,19	1695,14	2413,65	51	79	169,13	1194,00	463,20	313,15
HW	unten	Pb	128	2	56,68	4959,66	843,65	1165,29	65	65	56,68	2503,37	171,69	297,96
HW	unten	Cd	129	1	3,85	77,62	11,07	9,26	101	29	3,85	15,10	8,02	2,67
HW	unten	Cu	127	3	16,79	764,00	157,65	202,10	55	75	23,47	44,75	31,77	5,94

UG	BHZ	Var	n	n _{miss}	min	max	\bar{x}	s	n	n _{miss}	min	max	\bar{x}	s
Grunddaten									ausreißerbereinigt					
VA	oben	pH	63	0	6,80	8,70	7,92	0,41	51	12	7,50	8,70	8,05	0,28
VA	oben	Zn	63	0	250,65	1648,79	829,36	275,18	49	14	250,65	1184,90	763,43	236,85
VA	oben	Pb	62	1	78,17	399,68	240,31	72,39	51	12	78,17	331,71	223,97	63,35
VA	oben	Cd	63	0	3,74	17,66	6,11	1,84	50	13	4,14	6,78	5,69	0,71
VA	oben	Cu	63	0	38,53	196,20	103,36	32,48	48	15	38,53	147,41	95,17	27,14
VG	oben	pH	81	0	7,40	8,50	8,00	0,28	75	6	7,50	8,50	7,99	0,26
VG	oben	Zn	81	0	81,45	898,25	507,48	238,91	62	19	99,33	898,25	502,68	237,42
VG	oben	Pb	80	1	33,59	415,72	186,04	85,53	62	19	48,94	316,51	186,80	87,24
VG	oben	Cd	81	0	2,49	8,76	5,84	1,27	75	6	3,55	8,06	5,98	1,07
VG	oben	Cu	81	0	10,36	162,16	78,47	41,06	74	7	15,67	162,16	77,07	39,78
VW	oben	pH	48	0	5,10	7,50	6,19	0,57	35	13	5,10	7,10	6,05	0,46
VW	oben	Zn	48	0	210,24	2292,20	931,22	340,72	34	14	685,03	1093,28	881,17	111,87
VW	oben	Pb	48	0	85,44	742,23	396,84	127,99	35	13	291,71	579,53	410,85	78,90
VW	oben	Cd	48	0	4,18	17,86	9,21	3,02	40	8	5,65	13,05	8,58	1,93
VW	oben	Cu	48	0	34,95	524,65	158,40	76,14	34	14	105,39	187,69	145,08	23,23

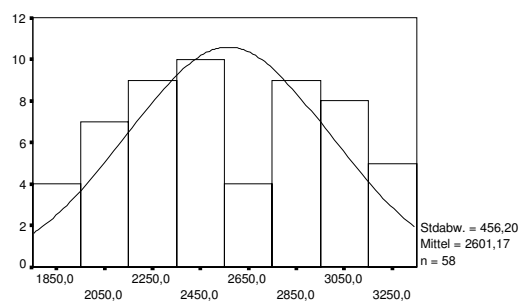
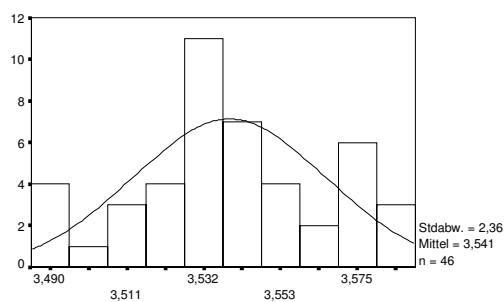
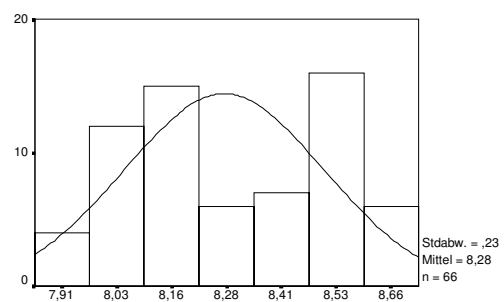
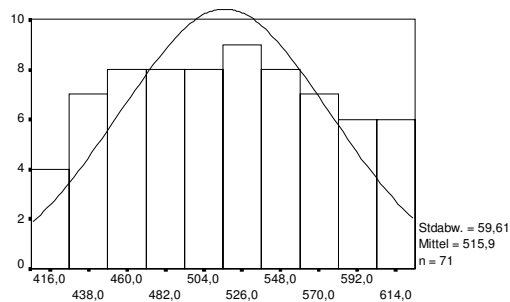
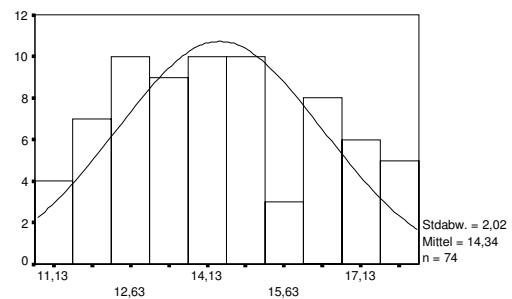
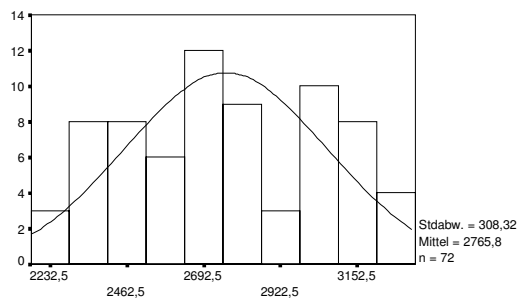
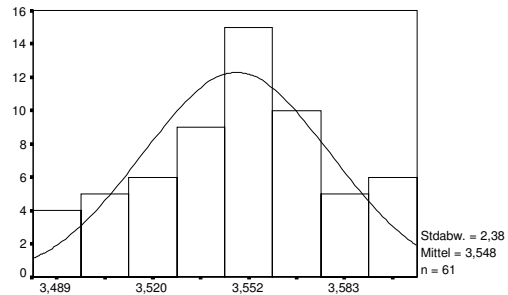
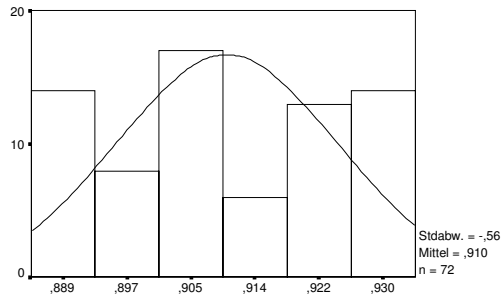
A.3 χ^2 -Test

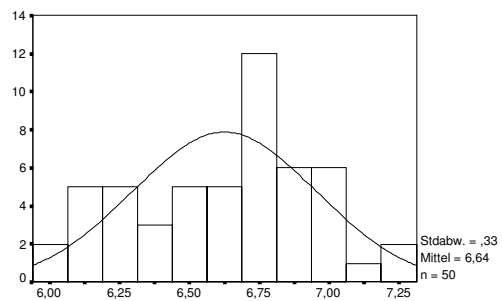
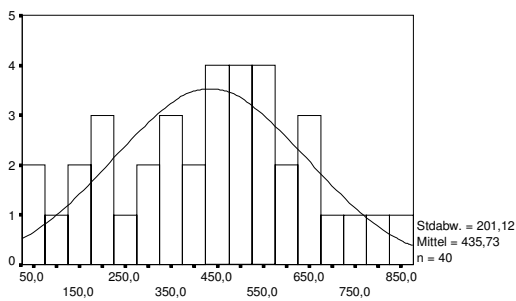
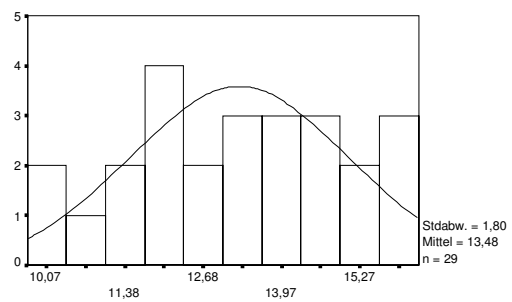
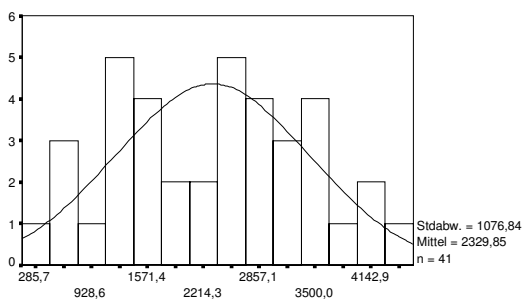
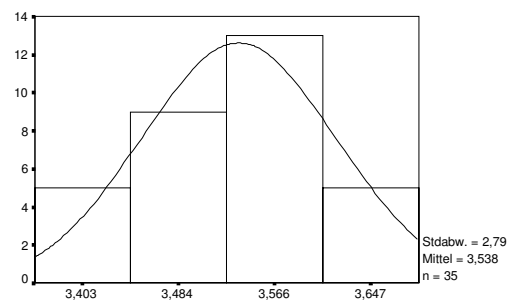
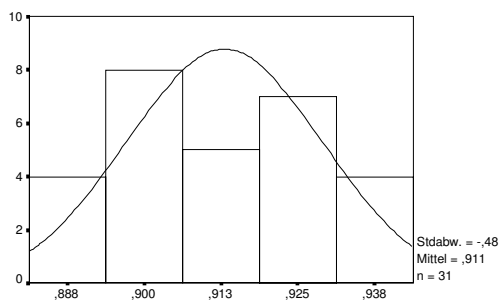
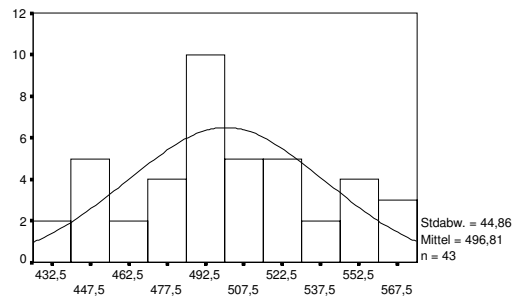
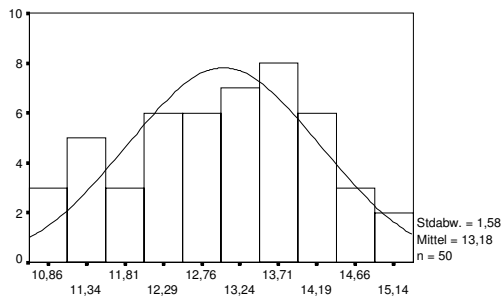
Untersuchungsgebiet	Bhz.	Variable	χ^2	F	$\chi^2_{95\%}$	$\chi^2_{99\%}$	sig.
HA	A _p	pH	20.94	6	18.50	22.50	S
HA	A _p	Zn	5.02	6	18.50	22.50	
HA	A _p	Pb	10.94	6	18.50	22.50	
HA	A _p	Cd	5.12	6	18.50	22.50	
HA	A _p	Cu	3.03	6	18.50	22.50	
HA	G _o	pH	31.30	6	18.50	22.50	HS
HA	G _o	Zn	3.19	4	14.90	18.50	
HA	G _o	Pb	2.14	6	18.50	22.50	
HA	G _o	Cd	1.37	6	18.50	22.50	
HA	G _o	Cu	4.83	4	14.90	18.50	
HA	G _{or}	pH	10.89	6	18.50	22.50	HS
HA	G _{or}	Zn	0.56	4	14.90	18.50	
HA	G _{or}	Pb	22.53	6	18.50	22.50	
HA	G _{or}	Cd	12.54	6	18.50	22.50	
HA	G _{or}	Cu	8.83	4	14.90	18.50	
HA	G _{ro}	pH	4.31	4	14.90	18.50	
HA	G _{ro}	Zn	2.30	4	14.90	18.50	
HA	G _{ro}	Pb	1.36	4	14.90	18.50	
HA	G _{ro}	Cd	1.79	4	14.90	18.50	
HA	G _{ro}	Cu	2.10	4	14.90	18.50	
HA	G _r	pH	1.09	2	10.60	13.80	
HA	G _r	Zn	0.34	2	10.60	13.80	
HA	G _r	Pb	0.59	2	10.60	13.80	
HA	G _r	Cd	0.00	2	10.60	13.80	
HA	G _r	Cu	1.42	2	10.60	13.80	
HW	A _h	pH	13.78	6	18.50	22.50	
HW	A _h	Zn	3.29	6	18.50	22.50	
HW	A _h	Pb	3.42	6	18.50	22.50	
HW	A _h	Cd	4.74	6	18.50	22.50	
HW	A _h	Cu	15.95	6	18.50	22.50	
HW	G _o	pH	4.25	2	10.60	13.80	
HW	G _o	Zn	0.22	2	10.60	13.80	
HW	G _o	Pb	4.04	4	14.90	18.50	
HW	G _o	Cd	1.09	4	14.90	18.50	
HW	G _o	Cu	4.59	4	14.90	18.50	
HW	G _{or}	pH	2.37	4	14.90	18.50	
HW	G _{or}	Zn	6.54	4	14.90	18.50	
HW	G _{or}	Pb	0.38	4	14.90	18.50	
HW	G _{or}	Cd	22.27	6	18.50	22.50	
HW	G _{or}	Cu	3.92	4	14.90	18.50	
HW	G _{ro}	pH	7.87	4	14.90	18.50	
HW	G _{ro}	Zn	3.49	6	18.50	22.50	
HW	G _{ro}	Pb	6.58	6	18.50	22.50	
HW	G _{ro}	Cd	5.71	4	14.90	18.50	
HW	G _{ro}	Cu	1.86	4	14.90	18.50	
HW	G _r	pH	6.39	6	18.50	22.50	
HW	G _r	Zn	4.74	2	10.60	13.80	
HW	G _r	Pb	2.33	4	14.90	18.50	
HW	G _r	Cd	7.95	6	18.50	22.50	
HW	G _r	Cu	4.80	4	14.90	18.50	
HG	G _{or}	pH	4.07	4	14.90	18.50	
HG	G _{or}	Zn	7.71	4	14.90	18.50	
HG	G _{or}	Pb	2.45	4	14.90	18.50	
HG	G _{or}	Cd	3.18	4	14.90	18.50	
HG	G _{or}	Cu	3.52	4	14.90	18.50	

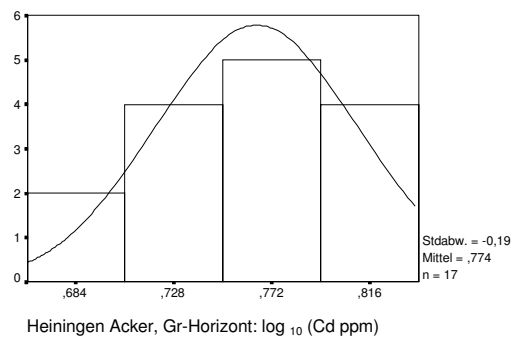
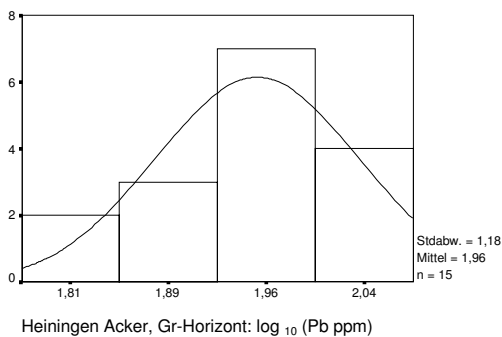
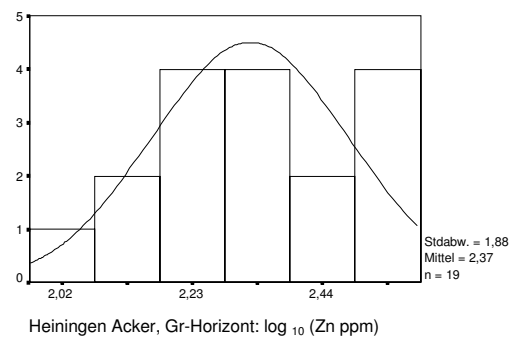
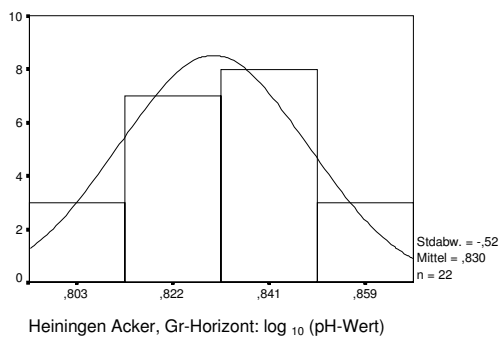
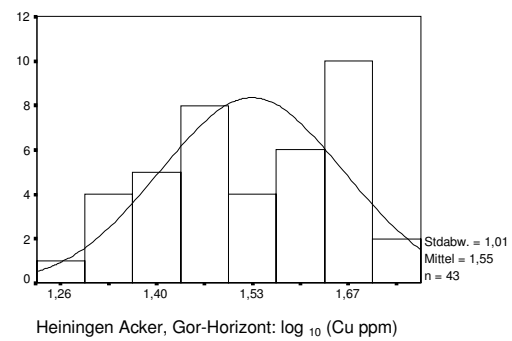
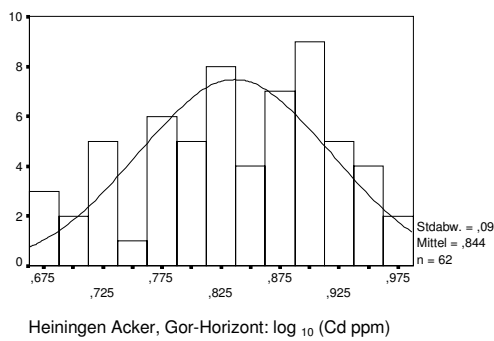
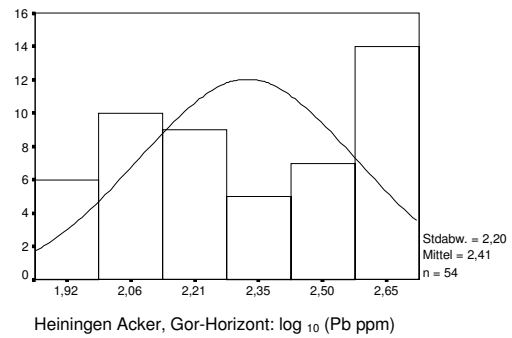
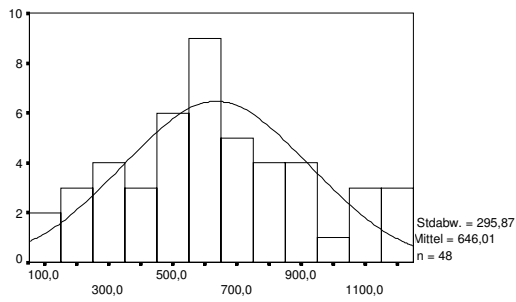
Untersuchungsgebiet	Bhz.	Variable	χ^2	F	$\chi^2_{95\%}$	$\chi^2_{99\%}$	sig.
HG	A _p	pH	11.65	4	14.90	18.50	
HG	A _p	Zn	5.41	6	18.50	22.50	
HG	A _p	Pb	6.02	6	18.50	22.50	
HG	A _p	Cd	7.04	6	18.50	22.50	
HG	A _p	Cu	2.52	4	14.90	18.50	
HG	G _o	pH	1.56	4	14.90	18.50	
HG	G _o	Zn	6.02	4	14.90	18.50	
HG	G _o	Pb	6.00	4	14.90	18.50	
HG	G _o	Cd	0.03	2	10.60	13.80	
HG	G _o	Cu	3.13	4	14.90	18.50	
HG	G _{ro}	pH	3.00	4	14.90	18.50	
HG	G _{ro}	Zn	2.97	4	14.90	18.50	
HG	G _{ro}	Pb	10.27	4	14.90	18.50	
HG	G _{ro}	Cd	4.89	4	14.90	18.50	
HG	G _{ro}	Cu	5.73	4	14.90	18.50	
HG	G _r	pH	10.61	6	18.50	22.50	
HG	G _r	Zn	8.31	6	18.50	22.50	
HG	G _r	Pb	5.05	4	14.90	18.50	
HG	G _r	Cd	5.34	4	14.90	18.50	
HG	G _r	Cu	3.82	4	14.90	18.50	
VG	A _p	pH	6.00	4	14.90	18.50	
VG	A _p	Zn	0.38	4	14.90	18.50	
VG	A _p	Pb	1.43	4	14.90	18.50	
VG	A _p	Cd	0.95	4	14.90	18.50	
VG	A _p	Cu	1.90	4	14.90	18.50	
VG	G _o	pH	6.90	4	14.90	18.50	
VG	G _o	Zn	10.70	4	14.90	18.50	
VG	G _o	Pb	2.60	4	14.90	18.50	
VG	G _o	Cd	2.73	4	14.90	18.50	
VG	G _o	Cu	2.24	4	14.90	18.50	
VA	A _p	pH	1.57	2	10.60	13.80	
VA	A _p	Zn	1.08	2	10.60	13.80	
VA	A _p	Pb	0.25	2	10.60	13.80	
VA	A _p	Cd	3.21	2	10.60	13.80	
VA	A _p	Cu	1.08	2	10.60	13.80	
VA	G _o	pH	14.07	4	14.90	18.50	
VA	G _o	Zn	3.92	4	14.90	18.50	
VA	G _o	Pb	1.67	4	14.90	18.50	
VA	G _o	Cd	3.33	4	14.90	18.50	
VA	G _o	Cu	4.31	4	14.90	18.50	
VW	G _o	pH	1.19	2	10.60	13.80	
VW	G _o	Zn	0.54	2	10.60	13.80	
VW	G _o	Pb	2.06	2	10.60	13.80	
VW	G _o	Cd	1.33	2	10.60	13.80	
VW	G _o	Cu	0.76	2	10.60	13.80	
VW	A _h	pH	4.02	4	14.90	18.50	
VW	A _h	Zn	0.18	2	10.60	13.80	
VW	A _h	Pb	2.91	2	10.60	13.80	
VW	A _h	Cd	0.25	2	10.60	13.80	
VW	A _h	Cu	0.05	2	10.60	13.80	

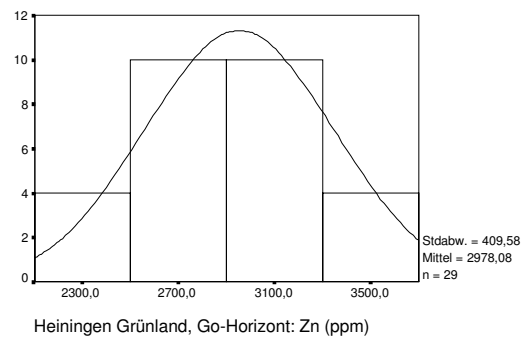
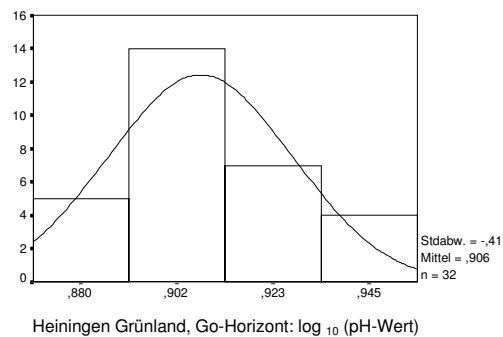
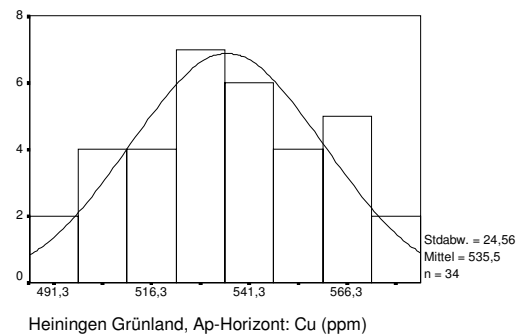
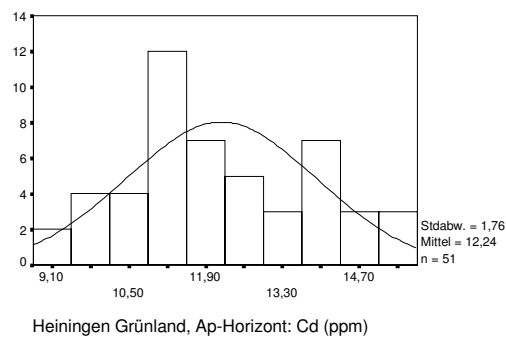
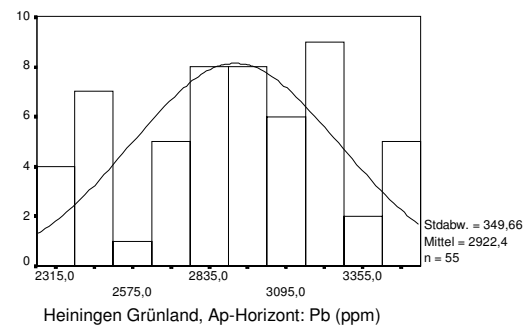
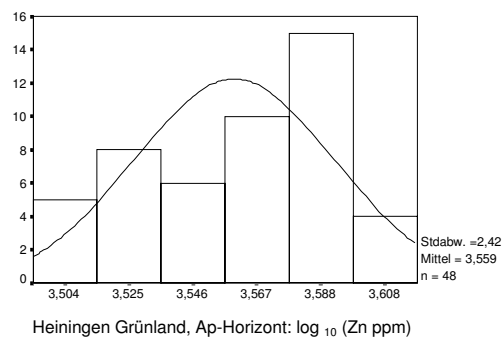
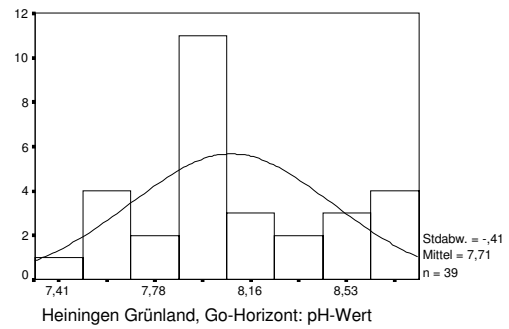
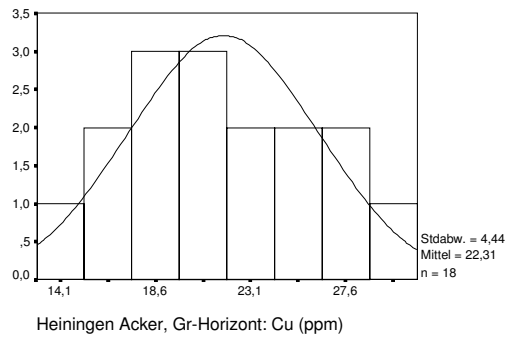
A.4 Häufigkeitsverteilungen Gesamtproben

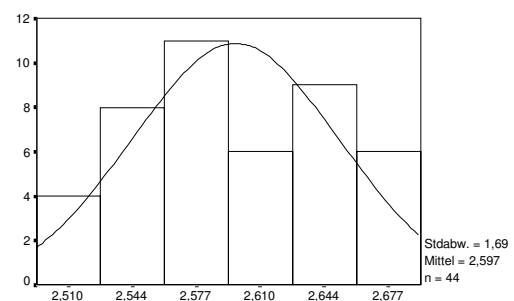
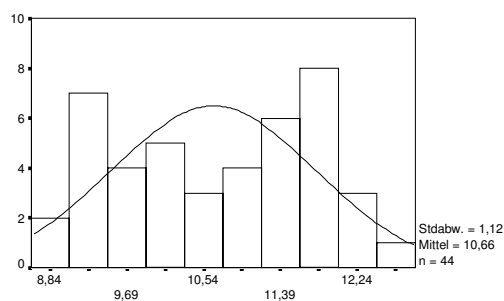
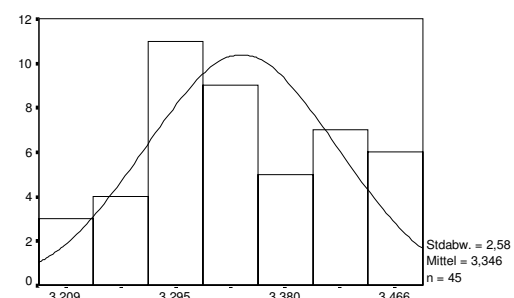
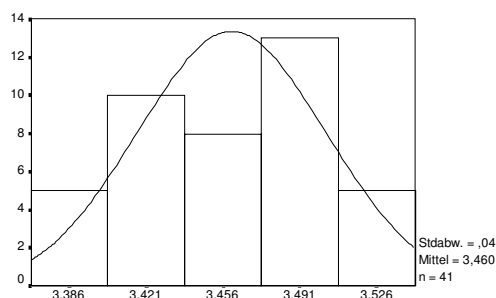
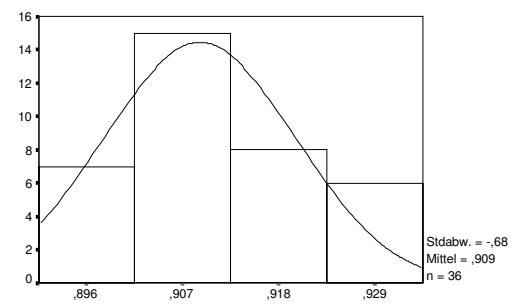
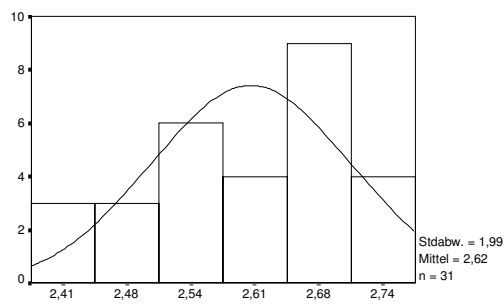
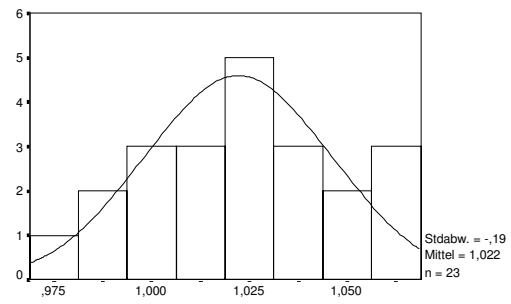
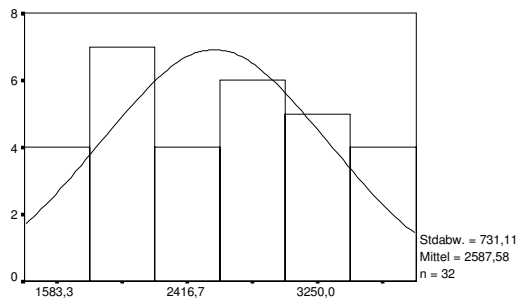
A.4.1 Häufigkeitsverteilungen Gesamtproben Fläche

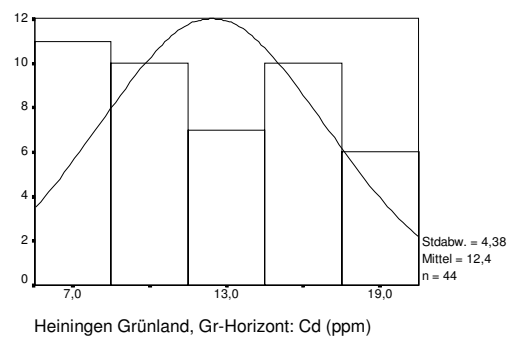
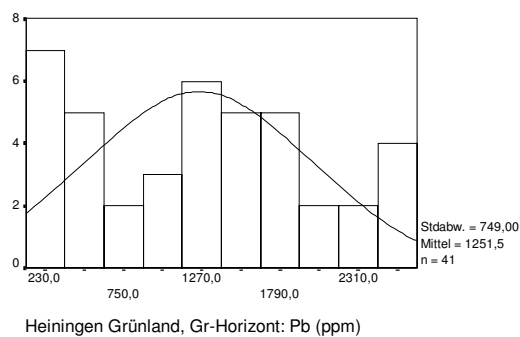
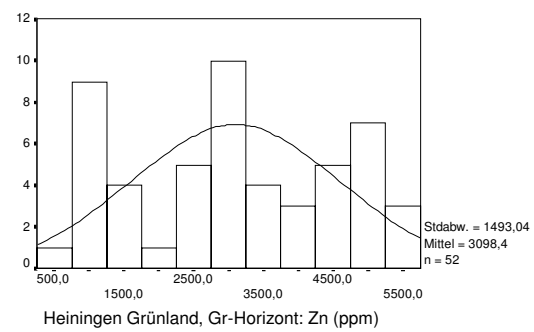
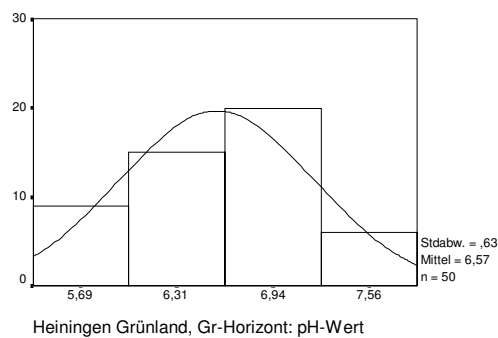
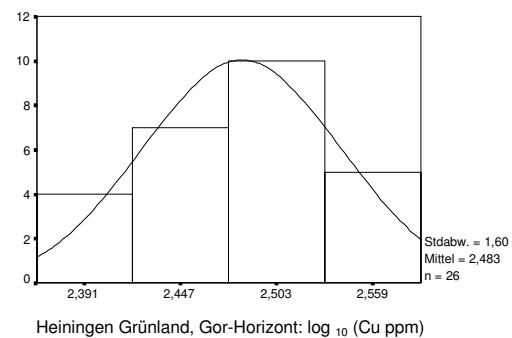
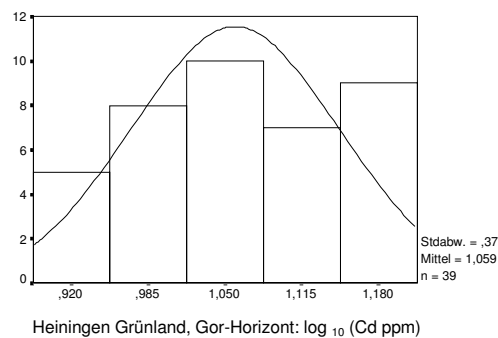
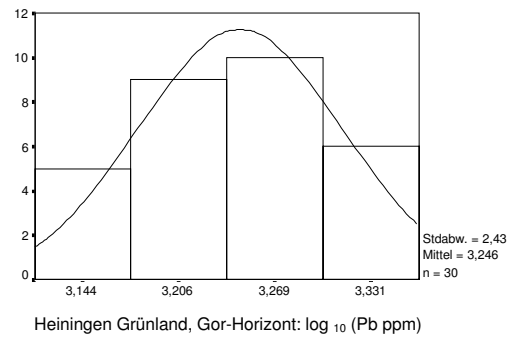
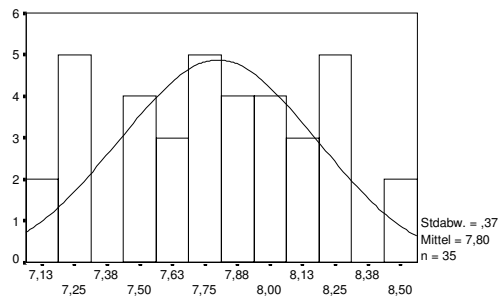


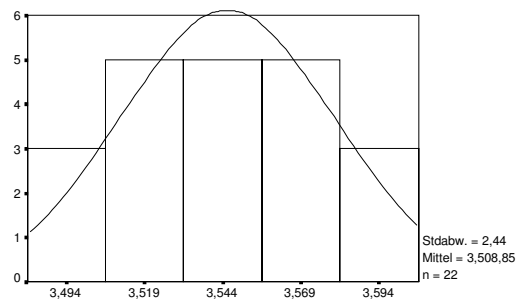
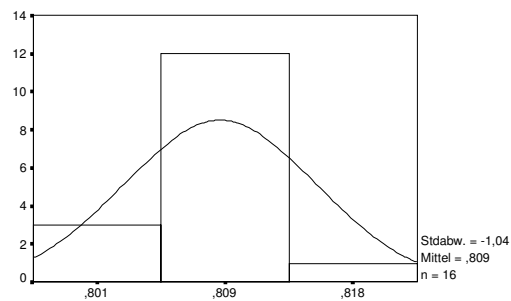
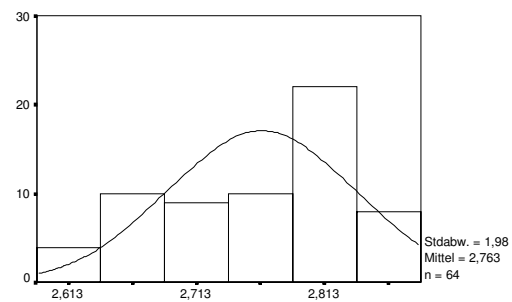
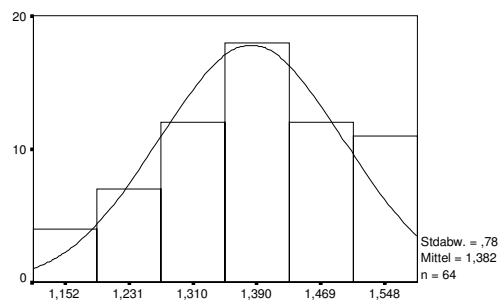
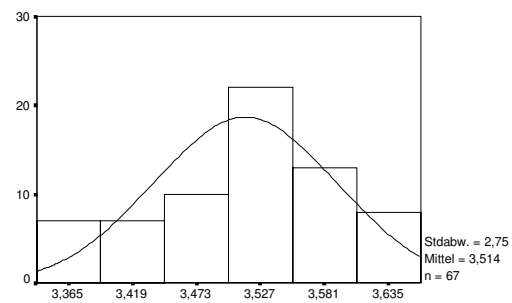
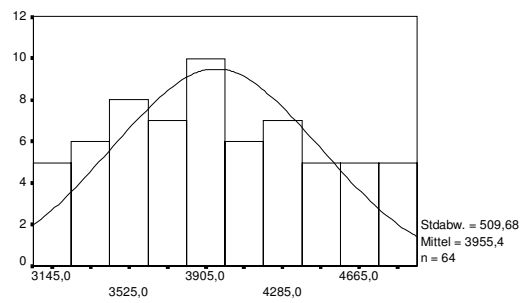
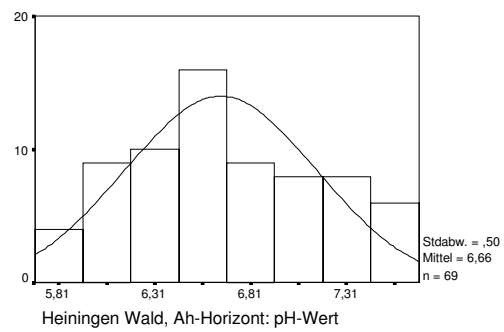
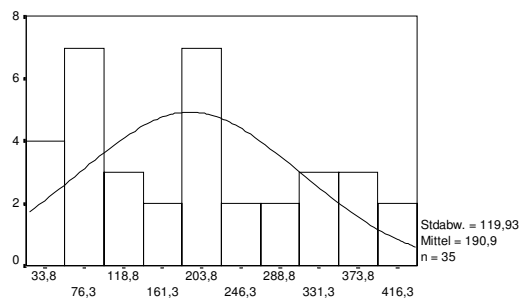


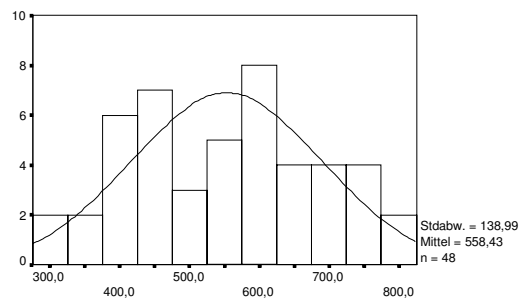
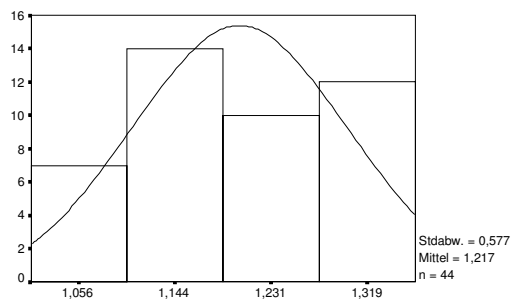
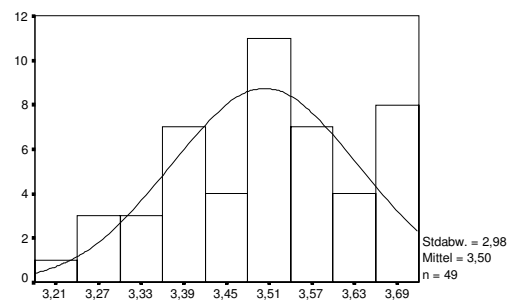
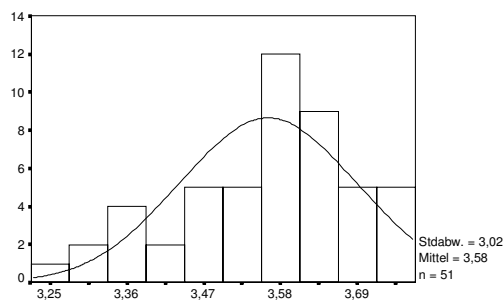
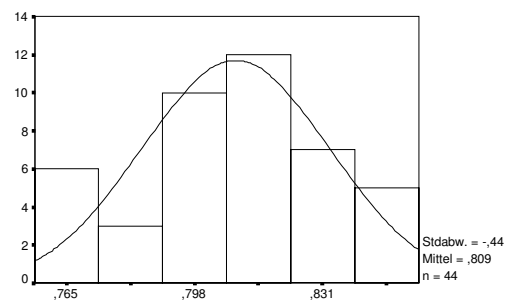
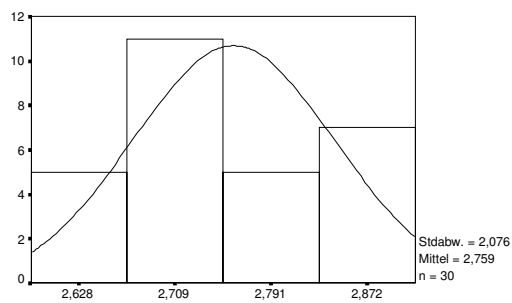
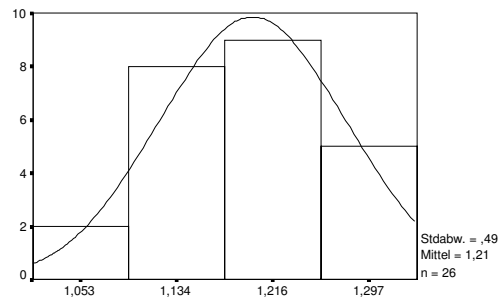
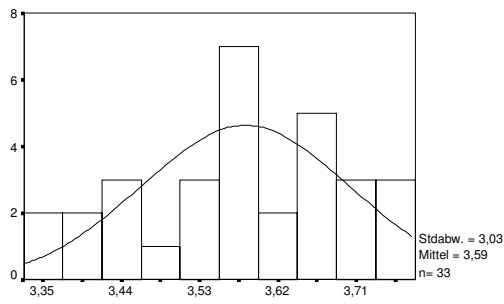


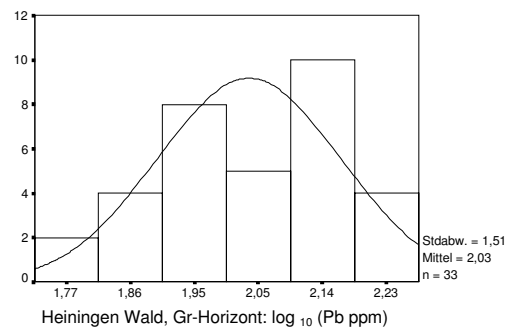
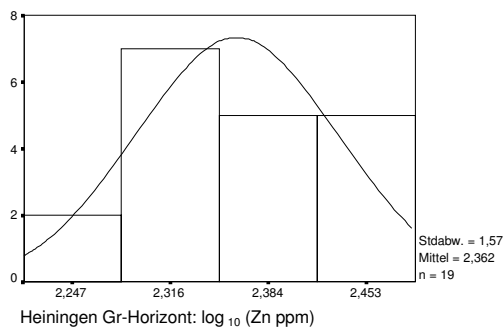
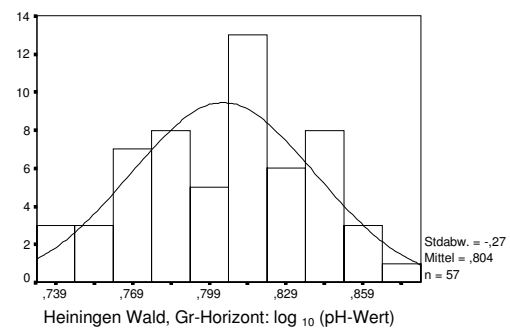
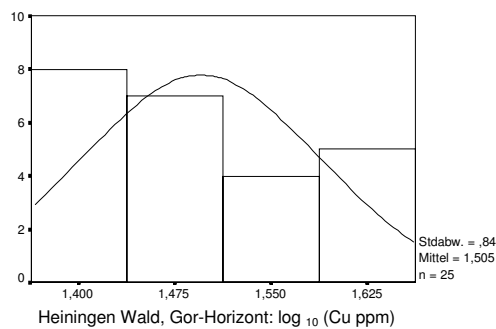
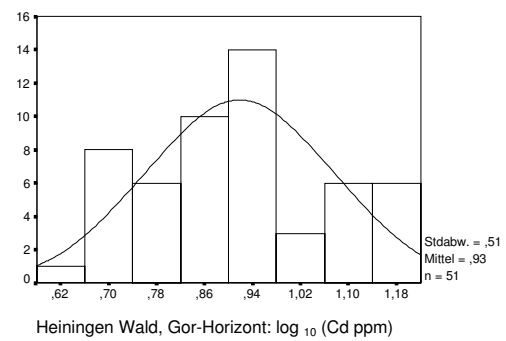
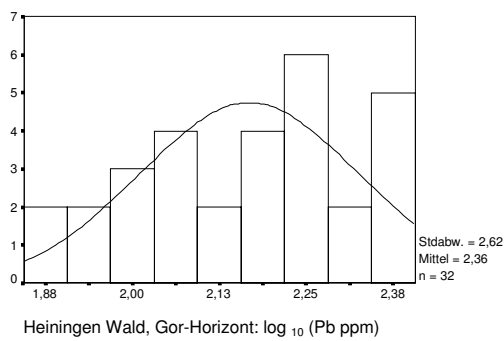
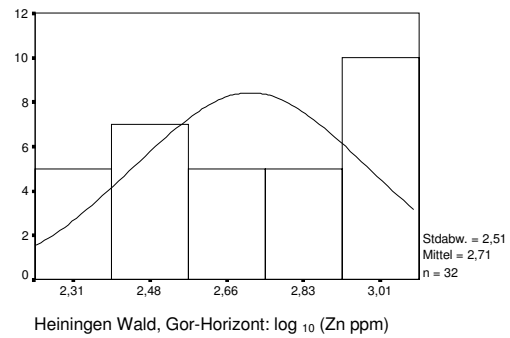
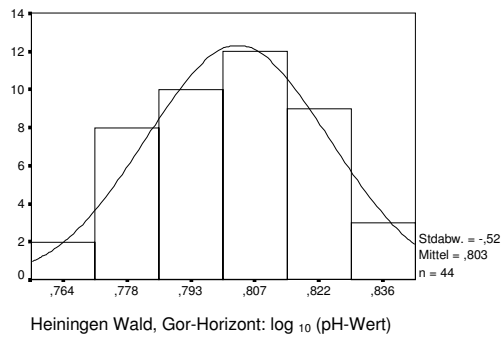


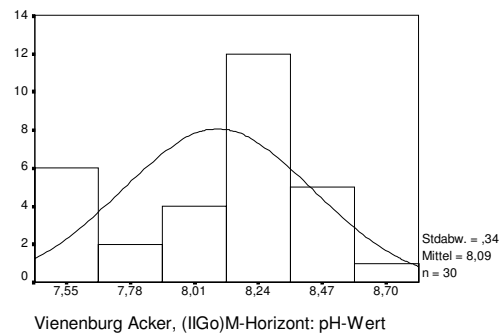
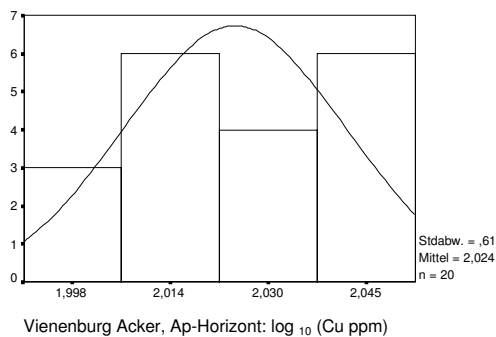
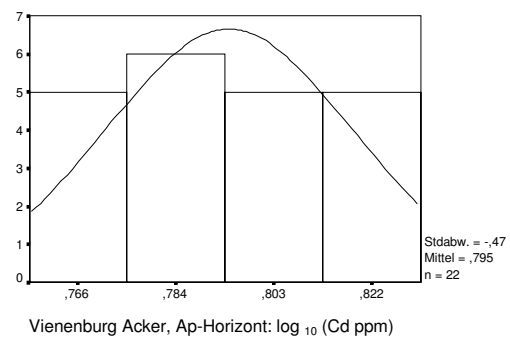
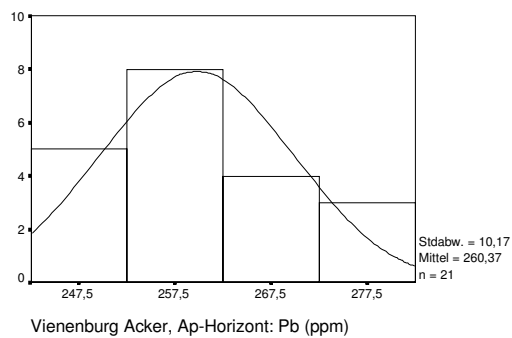
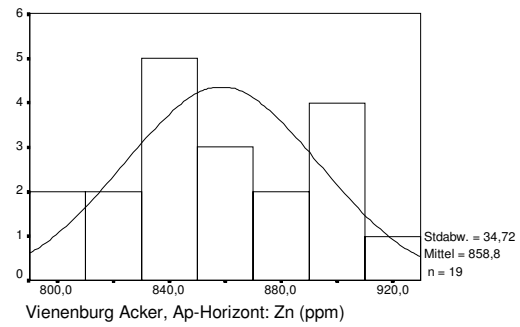
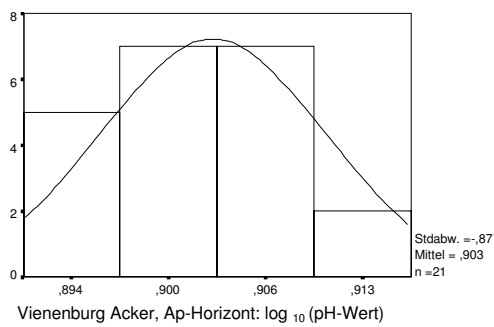
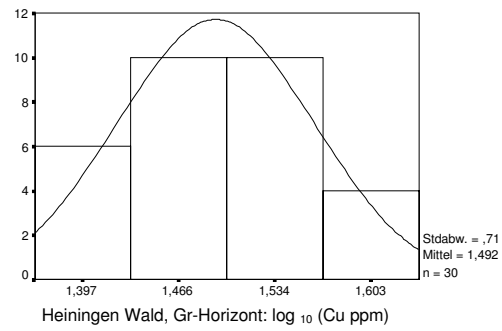
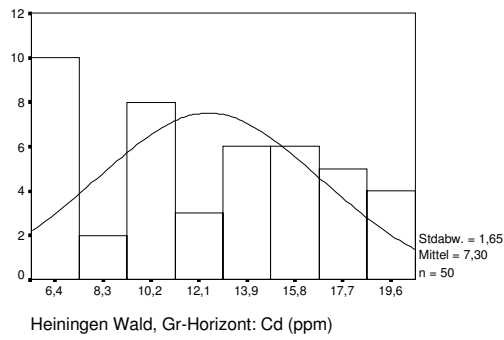


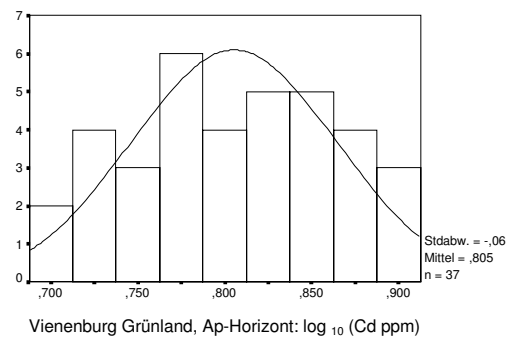
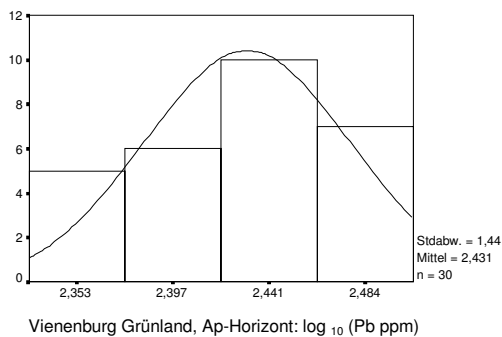
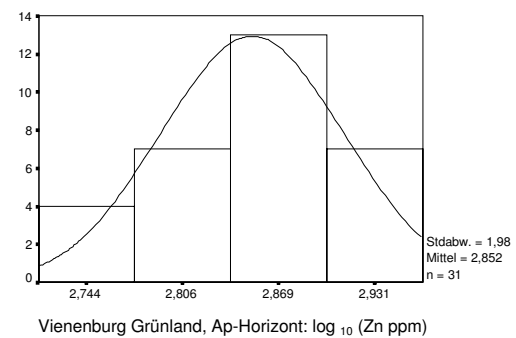
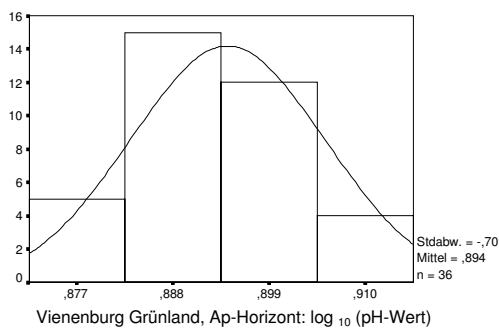
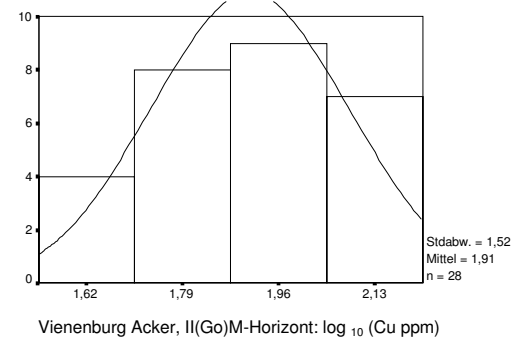
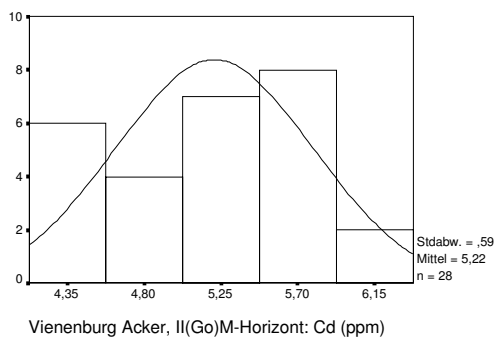
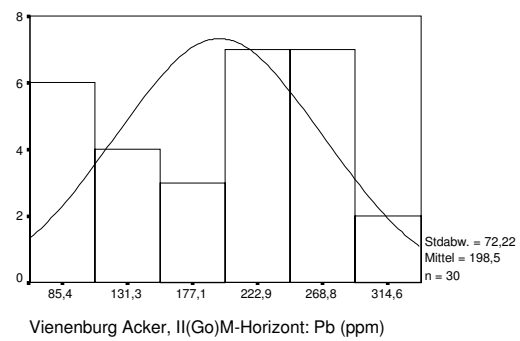
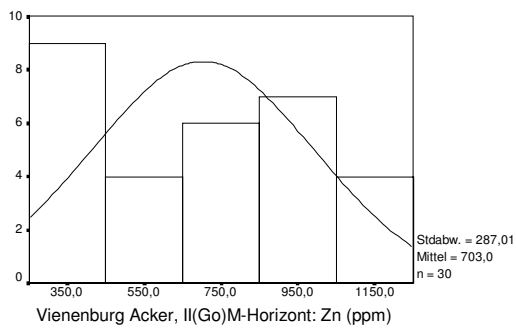


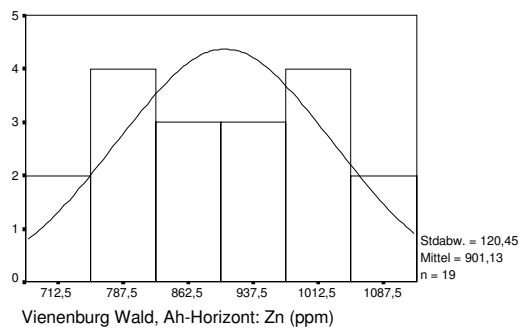
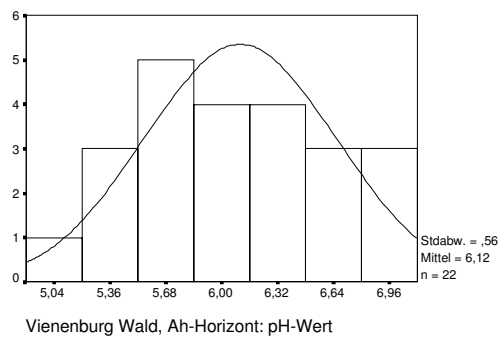
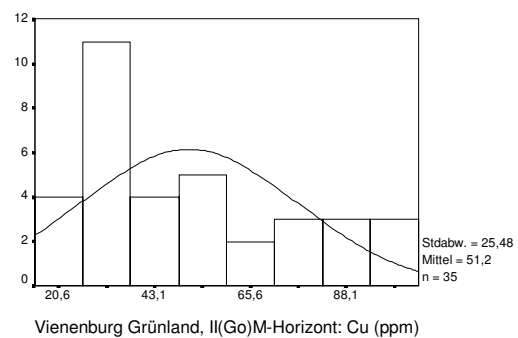
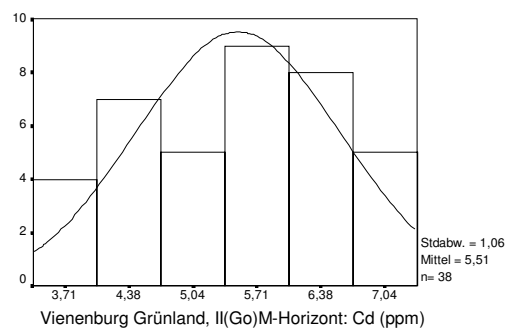
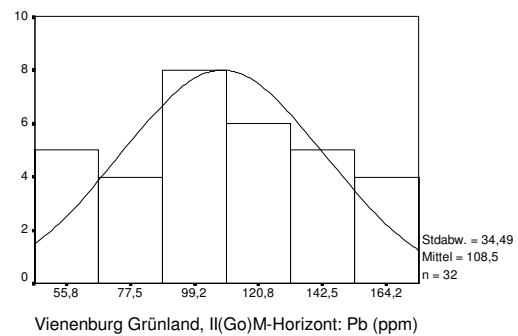
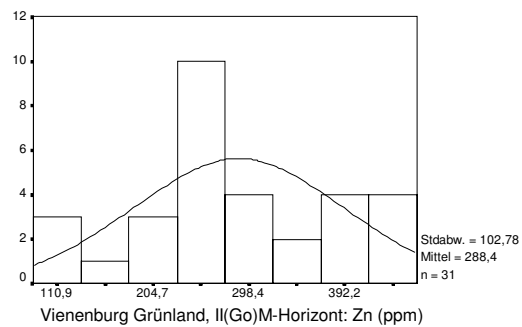
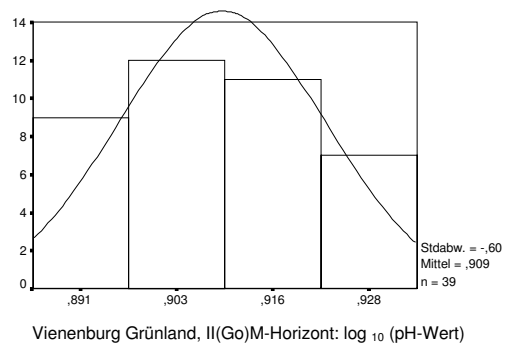
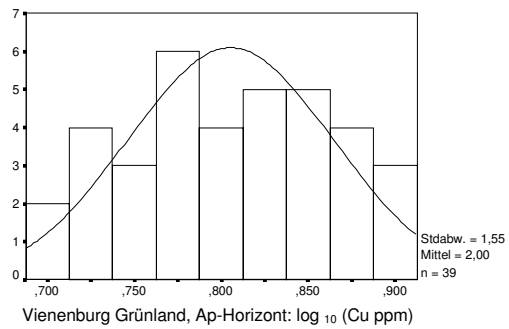


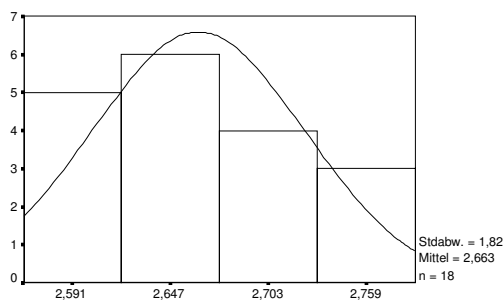
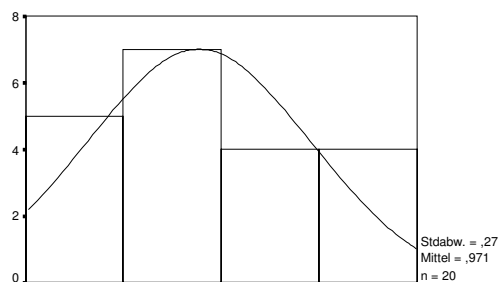
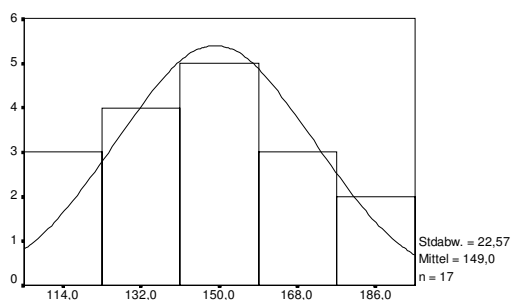




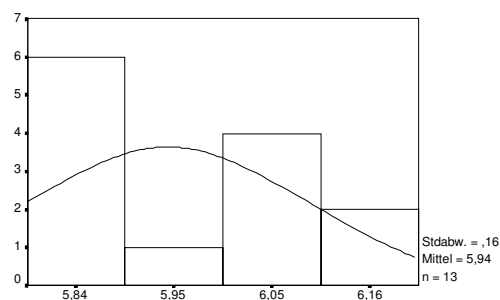




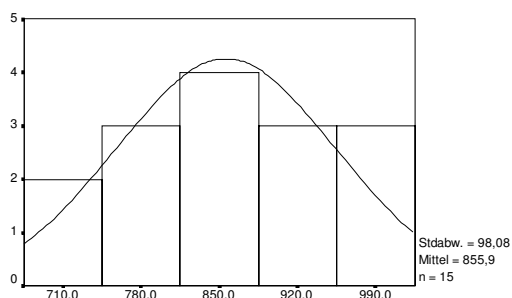


Vienenburg Wald, Ah-Horizont: \log_{10} (Pb ppm)Vienenburg Wald, Ah-Horizont: \log_{10} (Cd ppm)

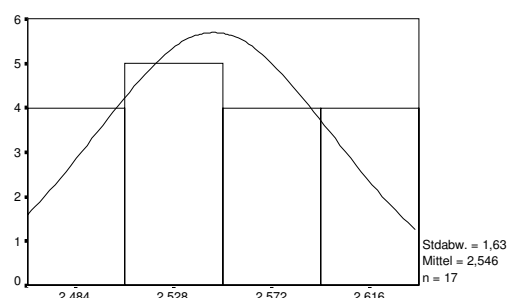
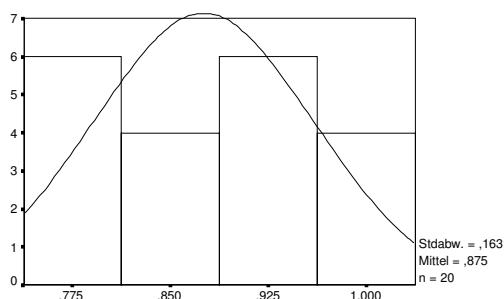
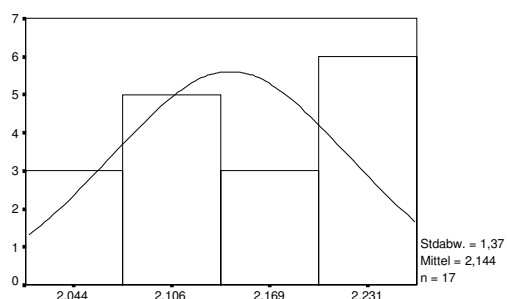
Vienenburg Wald, Ah-Horizont: Cu (ppm)



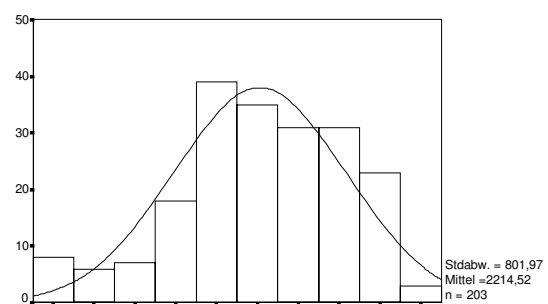
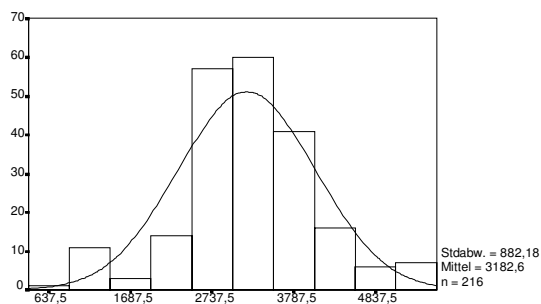
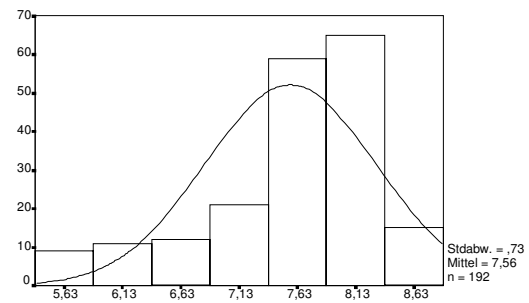
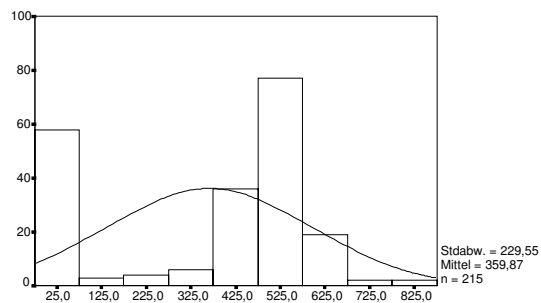
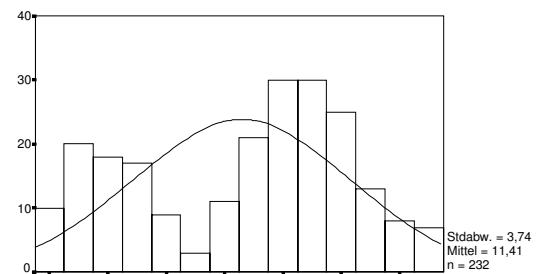
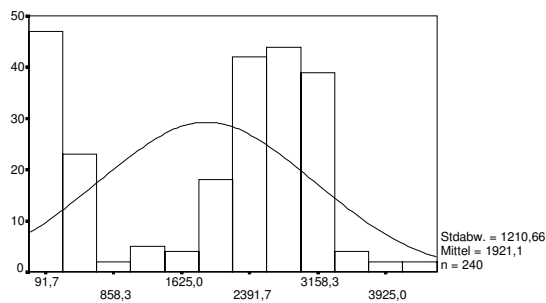
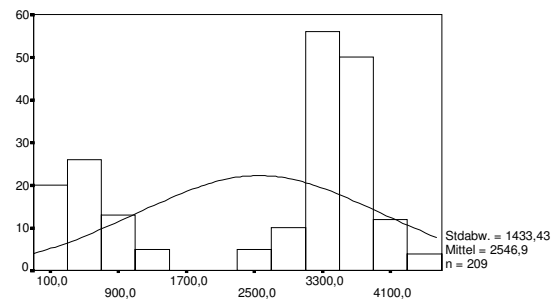
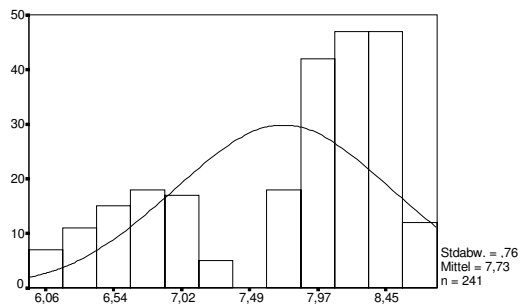
Vienenburg Wald, II(Go)M-Horizont : pH-Wert

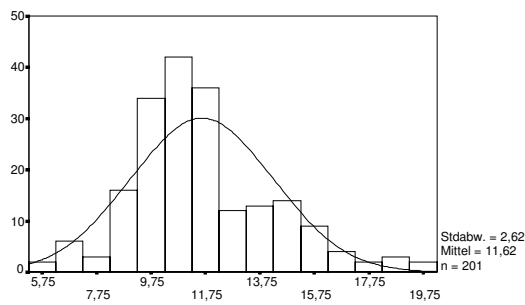


Vienenburg Wald, II(Go)M-Horizont: Zn (ppm)

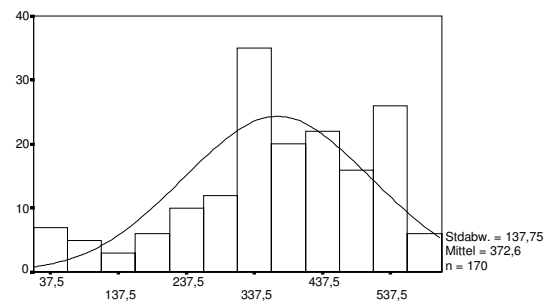
Vienenburg Wald, II(Go)M-Horizont: \log_{10} (Pb ppm)Vienenburg Wald, II(Go)M-Horizont: \log_{10} (Cd ppm)Vienenburg Wald, II(Go)M-Horizont: \log_{10} (Cu ppm)

A.4.2 Häufigkeitsverteilungen Gesamtproben Teufe

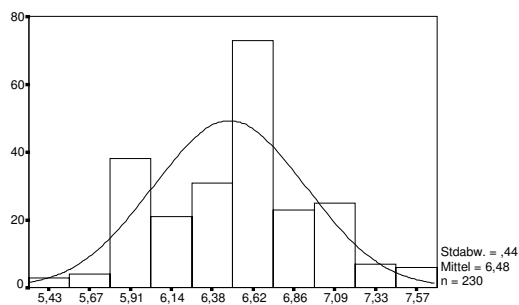




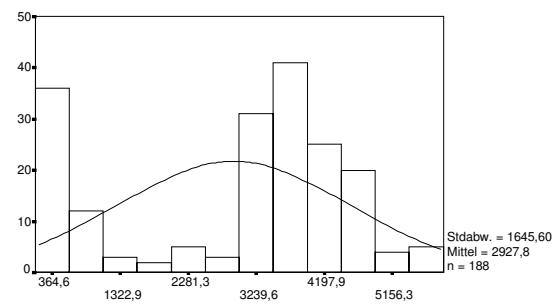
Heiningen Grünland, alle Bodenhorizonte: Cd (ppm)



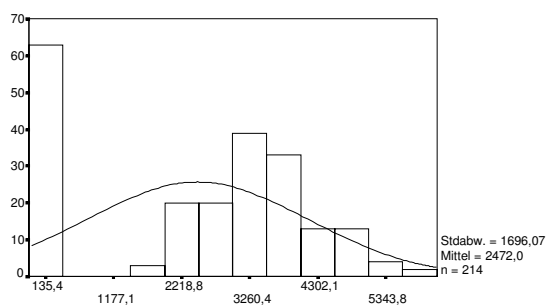
Heiningen Grünland, alle Bodenhorizonte: Cu (ppm)



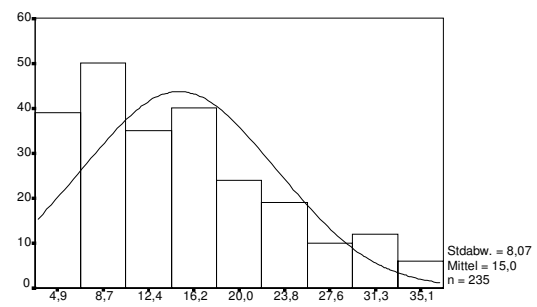
Heiningen Wald, alle Bodenhorizonte: pH-Wert



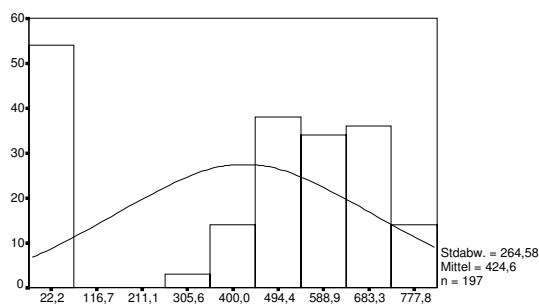
Heiningen Wald, alle Bodenhorizonte: Zn (ppm)



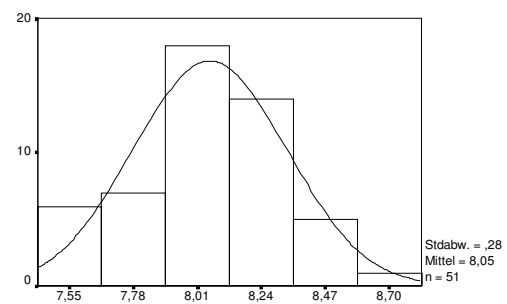
Heiningen Wald, alle Bodenhorizonte: Pb (ppm)



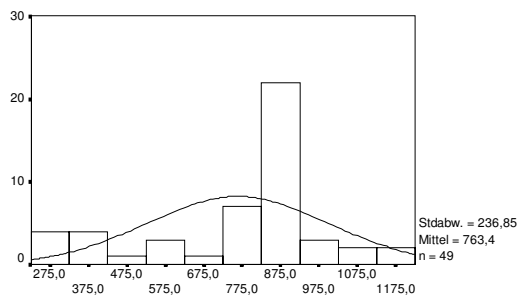
Heiningen Wald, alle Bodenhorizonte: Cd (ppm)



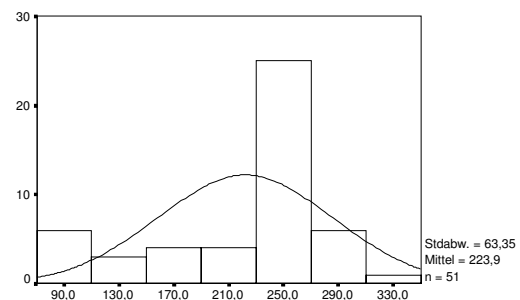
Heiningen Wald, alle Bodenhorizonte: Cu (ppm)



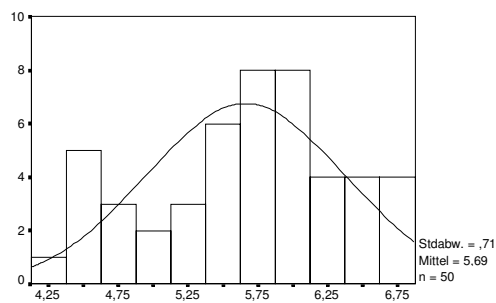
Vienenburg Acker, alle Bodenhorizonte: pH-Wert



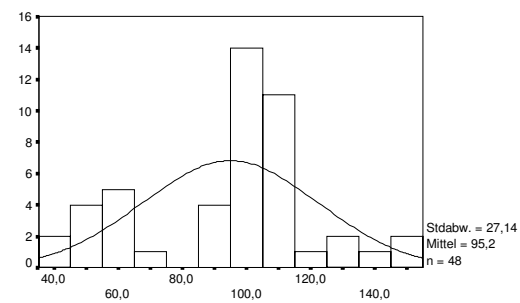
Vienenburg Acker, alle Bodenhorizonte: Zn (ppm)



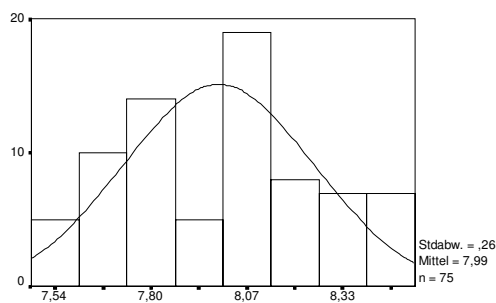
Vienenburg Acker, alle Bodenhorizonte: Pb (ppm)



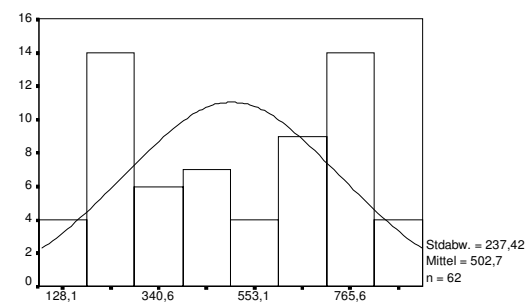
Vienenburg Acker, alle Bodenhorizonte: Cd (ppm)



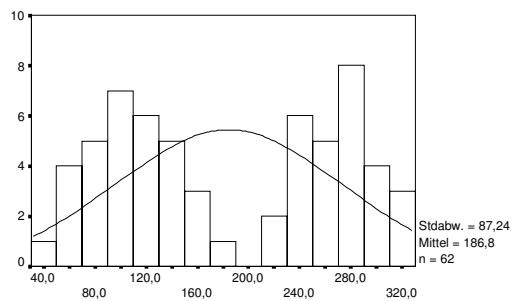
Vienenburg Acker, alle Bodenhorizonte: Cu (ppm)



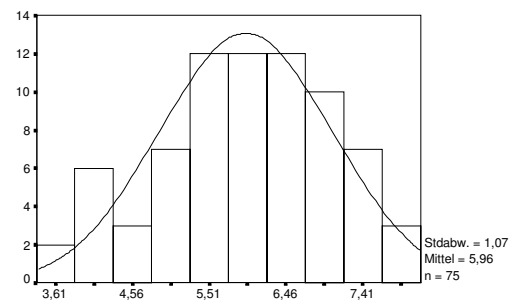
Vienenburg Grünland, alle Bodenhorizonte: pH-



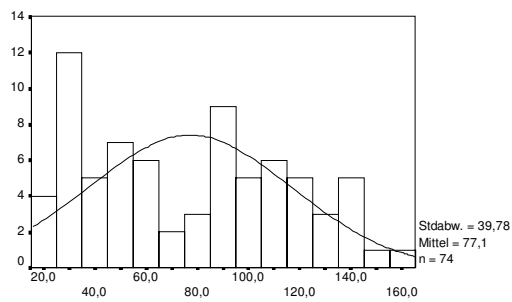
Vienenburg Grünland, alle Bodenhorizonte: Zn (ppm)



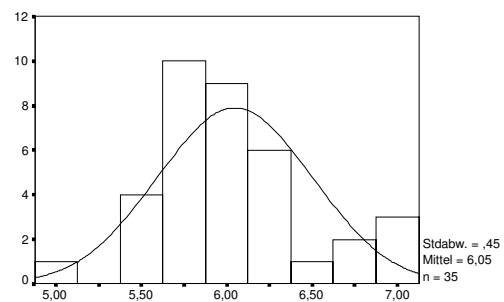
Vienenburg Grünland, alle Bodenhorizonte: Pb (ppm)



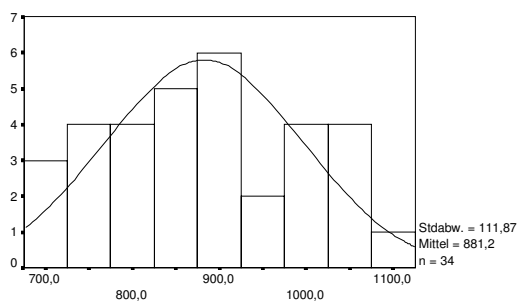
Vienenburg Grünland, alle Bodenhorizonte: Cd (ppm)



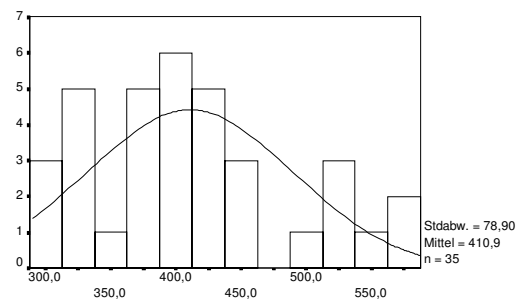
Vienenburg Grünland, alle Bodenhorizonte: Cu (ppm)



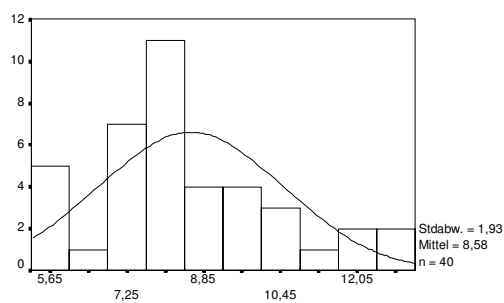
Vienenburg Wald, alle Bodenhorizonte: pH-Wert



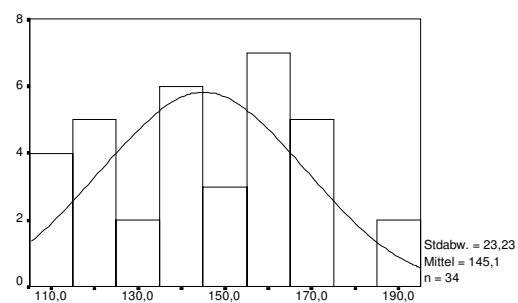
Vienenburg Acker, alle Bodenhorizonte: Zn (ppm)



Vienenburg Wald, alle Bodenhorizonte: Pb (ppm)



Vienenburg Wald, alle Bodenhorizonte: Cd (ppm)



Vienenburg Wald, alle Bodenhorizonte: Cu (ppm)

A.5 Korrelationsmatrix Gesamtproben

	Heiningen Acker - Ap-Horizont -							
	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	I / M	Chl	Ca
pH	1,0000	-,4163**	,0405	-,5001**	-,3909**	-,5922**	-,2755*	-,5806**
Zn	-,4163**	1,0000	,6898**	,7688**	,6869**	,4968**	,5032**	,3234*
Pb	,0405	,6898**	1,0000	,4705**	,4900**	,1668	,4504**	-,2199
Cd	-,5001**	,7688**	,4705**	1,0000	,6175**	,5737**	,4872**	,4675**
Cu	-,3909**	,6869**	,4900**	,6175**	1,0000	,4512**	,3633**	,2743*
I / M	-,5922**	,4968**	,1668	,5737**	,4512**	1,0000	,7878**	,4914**
Chl	-,2755*	,5032**	,4504**	,4872**	,3633**	,7878**	1,0000	,2056
Ca	-,5806**	,3234*	-,2199	,4675**	,2743*	,4914**	,2056	1,0000
	Heiningen Acker - Go-Horizont -							
	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	I / M	Chl	Ca
pH	1,0000	-,4163**	,0405	-,5001**	-,3909**	-,5922**	-,2755*	-,5806**
Zn	-,4163**	1,0000	,6898**	,7688**	,6869**	,4968**	,5032**	,3234*
Pb	,0405	,6898**	1,0000	,4705**	,4900**	,1668	,4504**	-,2199
Cd	-,5001**	,7688**	,4705**	1,0000	,6175**	,5737**	,4872**	,4675**
Cu	-,3909**	,6869**	,4900**	,6175**	1,0000	,4512**	,3633**	,2743*
I / M	-,5922**	,4968**	,1668	,5737**	,4512**	1,0000	,7878**	,4914**
Chl	-,2755*	,5032**	,4504**	,4872**	,3633**	,7878**	1,0000	,2056
Ca	-,5806**	,3234*	-,2199	,4675**	,2743*	,4914**	,2056	1,0000
	Heiningen Acker - Gro-Horizont -							
	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	I / M	Chl	Ca
pH	1,0000	-,2983	-,2020	-,5463**	-,1954	,4337	,1652	,2461
Zn	-,2983	1,0000	,5520**	,7793**	,7738**	,3317	,2718	-,1846
Pb	-,2020	,5520**	1,0000	,3309	,8117**	,4824*	,6450**	-,0569
Cd	-,5463**	,7793**	,3309	1,0000	,5705**	,4767*	,2982	-,3054
Cu	-,1954	,7738**	,8117**	,5705**	1,0000	,5324*	,5385*	-,1060
I / M	,4337	,3317	,4824*	,4767*	,5324*	1,0000	,7511**	,4006
Chl	,1652	,2718	,6450**	,2982	,5385*	,7511**	1,0000	,4002
Ca	,2461	-,1846	-,0569	-,3054	-,1060	,4006	,4002	1,0000
	Heiningen Acker - Gor-Horizont -							
	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	I / M	Chl	Ca
pH	1,0000	-,1247	-,0268	-,0668	-,0155	,2271	,0426	,0207
Zn	-,1247	1,0000	,8344**	,9361**	,8603**	,0465	,3516*	-,2978
Pb	-,0268	,8344**	1,0000	,8520**	,9549**	-,0006	,3814**	-,2437
Cd	-,0668	,9361**	,8520**	1,0000	,8616**	,0224	,3386*	-,2266
Cu	-,0155	,8603**	,9549**	,8616**	1,0000	,0131	,3322*	-,2186
I / M	,2271	,0465	-,0006	,0224	,0131	1,0000	,6029**	,3789
Chl	,0426	,3516*	,3814**	,3386*	,3322*	,6029**	1,0000	,1717
Ca	,0207	-,2978	-,2437	-,2266	-,2186	,3789	,1717	1,0000
	Heiningen Acker - Gr-Horizont -							
	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	I / M	Chl	Ca
pH	1,0000	-,3026	-,1317	-,1200	,0266	-,3871	-,3534	-,0099
Zn	-,3026	1,0000	,9059**	,7941**	,8429**	,4660*	,5272*	-,0591
Pb	-,1317	,9059**	1,0000	,7789**	,8675**	,4831*	,5347*	-,0409
Cd	-,1200	,7941**	,7789**	1,0000	,8645**	,4544	,4613	-,0137
Cu	,0266	,8429**	,8675**	,8645**	1,0000	,2867	,3515	-,0047
I / M	-,3871	,4660*	,4831*	,4544	,2867	1,0000	,7850**	,2630
Chl	-,3534	,5272*	,5347*	,4613	,3515	,7850**	1,0000	,0886
Ca	-,0099	-,0591	-,0409	-,0137	-,0047	,2630	,0886	1,0000

I / M = Illit / Montmorillonit, Chl = Chlorit

** = 99% Signifikanz, * = 95% Signifikanz

	Heiningen Grünland - Ap-Horizont -							
	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	I / M	Chl	Ca
pH	1,0000	-,2662*	-,2548	-,2679*	-,2417	,3374*	,0925	,0613
Zn	-,2662*	1,0000	,7614**	,6691**	,9119**	,0543	,2742*	,1247
Pb	-,2548	,7614**	1,0000	,5553**	,5377**	,0752	,3830**	,2171
Cd	-,2679*	,6691**	,5553**	1,0000	,6002**	,0288	,1871	,3594*
Cu	-,2417	,9119**	,5377**	,6002**	1,0000	-,0518	,0970	-,0865
I / M	,3374*	,0543	,0752	,0288	-,0518	1,0000	,6853**	,3369
Chl	,0925	,2742*	,3830**	,1871	,0970	,6853**	1,0000	,1222
Ca	,0613	,1247	,2171	,3594*	-,0865	,3369	,1222	1,0000
	Heiningen Grünland - Go-Horizont -							
	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	I / M	Chl	Ca
pH	1,0000	-,0214	,0436	-,0044	,0540	,2017	-,1351	-,3506
Zn	-,0214	1,0000	,7898**	,8284**	,9146**	,3798*	,4667*	,1286
Pb	,0436	,7898**	1,0000	,5063**	,8461**	,1635	,1595	-,1078
Cd	-,0044	,8284**	,5063**	1,0000	,7068**	,5008**	,5657**	,1444
Cu	,0540	,9146**	,8461**	,7068**	1,0000	,2495	,2632	,0343
I / M	,2017	,3798*	,1635	,5008**	,2495	1,0000	,5978**	-,0101
Chl	-,1351	,4667*	,1595	,5657**	,2632	,5978**	1,0000	,1587
Ca	-,3506	,1286	-,1078	,1444	,0343	-,0101	,1587	1,0000
	Heiningen Grünland - Gro-Horizont -							
	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	I / M	Chl	Ca
pH	1,0000	-,0362	-,1864	-,1285	-,1757	,2276	-,0224	,2461
Zn	-,0362	1,0000	,6044**	,7486**	,6390**	,2258	,4185**	-,1846
Pb	-,1864	,6044**	1,0000	,6775**	,9155**	,1459	,2443	-,0569
Cd	-,1285	,7486**	,6775**	1,0000	,6456**	,1204	,2056	-,3054
Cu	-,1757	,6390**	,9155**	,6456**	1,0000	,1225	,3090*	-,1060
I / M	,2276	,2258	,1459	,1204	,1225	1,0000	,6809**	,4006
Chl	-,0224	,4185**	,2443	,2056	,3090*	,6809**	1,0000	,4002
Ca	,2461	-,1846	-,0569	-,3054	-,1060	,4006	,4002	1,0000
	Heiningen Grünland - Gor-Horizont -							
	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	I / M	Chl	Ca
pH	1,0000	-,0138	,1666	-,2317	,1669	,2271	,0426	,0207
Zn	-,0138	1,0000	,8434**	,8653**	,8816**	,0465	,3516*	-,2978
Pb	,1666	,8434**	1,0000	,7342**	,9132**	-,0006	,3814**	-,2437
Cd	-,2317	,8653**	,7342**	1,0000	,7343**	,0224	,3386*	-,2266
Cu	,1669	,8816**	,9132**	,7343**	1,0000	,0131	,3322*	-,2186
I / M	,2271	,0465	-,0006	,0224	,0131	1,0000	,6029**	,3789
Chl	,0426	,3516*	,3814**	,3386*	,3322*	,6029**	1,0000	,1717
Ca	,0207	-,2978	-,2437	-,2266	-,2186	,3789	,1717	1,0000
	Heiningen Grünland - Gr-Horizont -							
	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	I / M	Chl	Ca
pH	1,0000	,1334	-,1018	,0766	-,0915	,0333	-,1736	-,0099
Zn	,1334	1,0000	,7574**	,8868**	,7767**	,4591**	,6052**	-,0591
Pb	-,1018	,7574**	1,0000	,7370**	,9556**	,4854**	,6431**	-,0409
Cd	,0766	,8868**	,7370**	1,0000	,7402**	,4981**	,6021**	-,0137
Cu	-,0915	,7767**	,9556**	,7402**	1,0000	,5372**	,6792**	-,0047
I / M	,0333	,4591**	,4854**	,4981**	,5372**	1,0000	,7482**	,2630
Chl	-,1736	,6052**	,6431**	,6021**	,6792**	,7482**	1,0000	,0886
Ca	-,0099	-,0591	-,0409	-,0137	-,0047	,2630	,0886	1,0000

I / M = Illit / Montmorillonit, Chl = Chlorit

** = 99% Signifikanz, * = 95% Signifikanz

	Heiningen Wald - Ah-Horizont -							
	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	I / M	Chl	Ca
PH	1,0000	-,0215	-,4857**	-,2091	-,2978**	-,1501	-,0672	,3700
Zn	-,0215	1,0000	,3951**	,6894**	,4250**	,1576	,2034	-,0373
Pb	-,4857**	,3951**	1,0000	,2758*	,4937**	,3050*	,4888**	-,1253
Cd	-,2091	,6894**	,2758*	1,0000	,2656*	,1496	,2011	-,3265
Cu	-,2978**	,4250**	,4937**	,2656*	1,0000	,3625**	,3204**	-,4801
I / M	-,1501	,1576	,3050*	,1496	,3625**	1,0000	,7018**	-,2978
Chl	-,0672	,2034	,4888**	,2011	,3204**	,7018**	1,0000	-,3442
Ca	,3700	-,0373	-,1253	-,3265	-,4801	-,2978	-,3442	1,0000
	Heiningen Wald - Go-Horizont -							
	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	I / M	Chl	Ca
PH	1,0000	-,4835	-,0931	-,4634	-,0634	-,0408	,2439	,
Zn	-,4835	1,0000	,3638	,6095**	,2654	-,0823	,3628	,5737
Pb	-,0931	,3638	1,0000	,7081**	,8377**	,4986**	,6176**	-,3562
Cd	-,4634	,6095**	,7081**	1,0000	,4918*	,3584	,5367*	-,9763
Cu	-,0634	,2654	,8377**	,4918*	1,0000	,2686	,4082*	-,1192
I / M	-,0408	-,0823	,4986**	,3584	,2686	1,0000	,8259**	-,5030
Chl	-,2439	,3628	,6176**	,5367*	,4082*	,8259**	1,0000	,1868
Ca	,	,5737	-,3562	-,9763	-,1192	-,5030	,1868	1,0000
	Heiningen Wald - Gro-Horizont -							
	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	I / M	Chl	Ca
PH	1,0000	-,2090	-,2255	-,2683*	-,3366**	-,0036	-,1612	,4809
Zn	-,2090	1,0000	,5714**	,7643**	,4013**	,3965**	,4304**	,4491
Pb	-,2255	,5714**	1,0000	,3204*	,5098**	,5080**	,6952**	,0962
Cd	-,2683*	,7643**	,3204*	1,0000	,4404**	,4020**	,3626**	,7077*
Cu	-,3366**	,4013**	,5098**	,4404**	1,0000	,4917**	,6993**	,3756
I / M	-,0036	,3965**	,5080**	,4020**	,4917**	1,0000	,6613**	-,1060
Chl	-,1612	,4304**	,6952**	,3626**	,6993**	,6613**	1,0000	,1185
Ca	,4809	,4491	,0962	,7077*	,3756	-,1060	,1185	1,0000
	Heiningen Wald - Gor-Horizont -							
	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	I / M	Chl	Ca
PH	1,0000	,3420**	,1558	,3503**	,1516	-,0790	,0918	,0735
Zn	,3420**	1,0000	,7674**	,9470**	,7991**	,2146	,4069**	,7605
Pb	,1558	,7674**	1,0000	,7162**	,9644**	,4778**	,5432**	,5852
Cd	,3503**	,9470**	,7162**	1,0000	,7286**	,2825*	,4153**	,8237
Cu	,1516	,7991**	,9644**	,7286**	1,0000	,4686**	,4998**	,7653
I / M	-,0790	,2146	,4778**	,2825*	,4686**	1,0000	,7539**	,7746
Chl	,0918	,4069**	,5432**	,4153**	,4998**	,7539**	1,0000	,6508
Ca	,0735	,7605	,5852	,8237	,7653	,7746	,6508	1,0000
	Heiningen Wald - Gr-Horizont -							
	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	I / M	Chl	Ca
PH	1,0000	,1233	,1197	,0412	,0993	-,0545	-,2933*	-,1516
Zn	,1233	1,0000	,7566**	,9552**	,7042**	,0075	,2003	-,3007
Pb	,1197	,7566**	1,0000	,7735**	,9037**	-,0046	,2636*	-,0779
Cd	,0412	,9552**	,7735**	1,0000	,7071**	,0162	,2676*	,0551
Cu	,0993	,7042**	,9037**	,7071**	1,0000	-,0175	,2511	,6400
I / M	-,0545	,0075	-,0046	,0162	-,0175	1,0000	,5715**	-,3574
Chl	-,2933*	,2003	,2636*	,2676*	,2511	,5715**	1,0000	-,4092
Ca	-,1516	-,3007	-,0779	,0551	,6400	-,3574	-,4092	1,0000

I / M = Illit / Montmorillonit, Chl = Chlorit

** = 99% Signifikanz, * = 95% Signifikanz

	Vienenburg sAcker – Ap-Horizont -							
	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	I / M	Chl	Ca
pH	1,0000	-,2072	-,1258	,1617	-,2975	-,1672	,2282	,1019
Zn	-,2072	1,0000	,6108**	,0028	,7001**	,1803	,2447	-,2509
Pb	-,1258	,6108**	1,0000	,5644**	,4979**	-,1329	-,2152	-,2240
Cd	,1617	,0028	,5644**	1,0000	-,1954	,1254	-,1710	-,2066
Cu	-,2975	,7001**	,4979**	-,1954	1,0000	,0642	-,0211	-,0577
I / M	-,1672	,1803	-,1329	,1254	,0642	1,0000	,3209	-,2391
Chl	,2282	,2447	-,2152	-,1710	-,0211	,3209	1,0000	-,0836
Ca	,1019	-,2509	-,2240	-,2066	-,0577	-,2391	-,0836	1,0000

	Vienenburg Acker - II(Go)M-Horizont -							
	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	I / M	Chl	Ca
pH	1,0000	-,3680*	-,3751*	-,0545	-,3464	,2884	,1908	-,0337
Zn	-,3680*	1,0000	,8072**	,2693	,8317**	,1288	,1884	-,4230
Pb	-,3751*	,8072**	1,0000	,4740**	,8617**	,0241	-,1599	-,2411
Cd	-,0545	,2693	,4740**	1,0000	,3819*	,0077	,0437	,4378
Cu	-,3464	,8317**	,8617**	,3819*	1,0000	,0361	-,0928	-,3602
I / M	,2884	,1288	,0241	,0077	,0361	1,0000	,6201**	-,1206
Chl	,1908	,1884	-,1599	,0437	-,0928	,6201**	1,0000	-,4050
Ca	-,0337	-,4230	-,2411	,4378	-,3602	-,1206	-,4050	1,0000

	Vienenburg Grünalnd – Ap-Horizont -							
	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	I / M	Chl	Ca
pH	1,0000	-,3195*	-,2704	-,2085	-,2384	-,1733	-,0785	-,3570
Zn	-,3195*	1,0000	,8900**	,3431*	,9033**	-,0378	,1258	,0073
Pb	-,2704	,8900**	1,0000	,6391**	,8559**	-,0739	,1232	-,0570
Cd	-,2085	,3431*	,6391**	1,0000	,2418	-,0731	,0348	-,0546
Cu	-,2384	,9033**	,8559**	,2418	1,0000	-,0987	,1067	-,1538
I / M	-,1733	-,0378	-,0739	-,0731	-,0987	1,0000	,8466**	,7862**
Chl	-,0785	,1258	,1232	,0348	,1067	,8466**	1,0000	,7348**
Ca	-,3570	,0073	-,0570	-,0546	-,1538	,7862**	,7348**	1,0000

	Vienenburg Grünland - II(Go)M-Horizont -							
	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	I / M	Chl	Ca
pH	1,0000	-,1466	-,1810	-,0339	-,1197	,1886	,1844	,3914
Zn	-,1466	1,0000	,7696**	-,3150*	,8279**	-,1030	,1460	,2878
Pb	-,1810	,7696**	1,0000	-,3576*	,8519**	-,0850	,1129	-,0546
Cd	-,0339	-,3150*	-,3576*	1,0000	-,1317	,2084	,3022	-,0335
Cu	-,1197	,8279**	,8519**	-,1317	1,0000	-,1846	,1702	,0913
I / M	,1886	-,1030	-,0850	,2084	-,1846	1,0000	,5819**	,2356
Chl	,1844	,1460	,1129	,3022	,1702	,5819**	1,0000	,1351
Ca	,3914	,2878	-,0546	-,0335	,0913	,2356	,1351	1,0000

I / M = Illit / Montmorillonit, Chl = Chlorit

** = 99% Signifikanz, * = 95% Signifikanz

	Vienenburg Wald – Ah-Horizont -							
	PH	Zn	Pb	Cd	Cu	I / M	Chl	Ca
pH	1,0000	,4175*	,0522	,4615*	,1622	-,3020	,4219	,
Zn	,4175*	1,0000	,4020	,4585*	,8010**	,0352	,2203	,
Pb	,0522	,4020	1,0000	,3879	,4165*	-,2116	,1740	,
Cd	,4615*	,4585*	,3879	1,0000	-,0122	,0638	,3722	,
Cu	,1622	,8010**	,4165*	-,0122	1,0000	,1079	-,0492	,
I / M	-,3020	,0352	-,2116	,0638	,1079	1,0000	,0050	,
Chl	,4219	,2203	,1740	,3722	-,0492	,0050	1,0000	,
Ca	,	,	,	,	,	,	,	1,0000
	Vienenburg Wald - II(Go)M-Horizont -							
	PH	Zn	Pb	Cd	Cu	I / M	Chl	Ca
pH	1,0000	,1464	-,4597*	-,0805	-,3461	-,1248	,0777	,
Zn	,1464	1,0000	,3115	,7442**	,2605	,1142	,4474	,
Pb	-,4597*	,3115	1,0000	,3142	,7697**	,4004	,0247	,
Cd	-,0805	,7442**	,3142	1,0000	-,0519	,3144	,7456**	,
Cu	-,3461	,2605	,7697**	-,0519	1,0000	,2539	-,2341	,
I / M	-,1248	,1142	,4004	,3144	,2539	1,0000	,3609	,
Chl	,0777	,4474	,0247	,7456**	-,2341	,3609	1,0000	,
Ca	,	,	,	,	,	,	,	1,0000

I / M = Illit / Montmorillonit, Chl = Chlorit

** = 99% Signifikanz, * = 95% Signifikanz

A.6 F- und T-Test

UG: HA

t-tests for independent samples of OBU

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean

PH				
OBU O	169	8,1929	,274	,021
OBU U	72	6,6708	,318	,038

Mean Difference = 1,5221

Levene's Test for Equality of Variances: F= 1,498 P= ,222

t-test for Equality of Means					95%
Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE of Diff	CI for Diff

Equal	37,61	239	,000	,040	(1,442; 1,602)
Unequal	35,40	117,81	,000	,043	(1,437; 1,607)

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean

ZN				
OBU O	142	3498,3142	371,403	31,167
OBU U	67	528,8534	315,052	38,490

Mean Difference = 2969,4607

Levene's Test for Equality of Variances: F= ,060 P= ,807

t-test for Equality of Means					95%
Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE of Diff	CI for Diff

Equal	56,53	207	,000	52,529	(2865,878; 3073,044)
Unequal	59,96	150,62	,000	49,526	(2871,585; 3067,337)

UG: HA

t-tests for independent samples of OBU

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean
----------	--------------------	------	----	------------

PB

OBU O	171	2605,3116	640,887	49,010
OBU U	69	225,9304	158,607	19,094

Mean Difference = 2379,3812

Levene's Test for Equality of Variances: F= 41,545 P= ,000

t-test for Equality of Means					95%
Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE of Diff	CI for Diff
Equal	30,43	238	,000	78,191	(2225,312; 2533,450)
Unequal	45,24	213,24	,000	52,598	(2275,679; 2483,084)

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean
CD				
OBU O	153	13,8000	1,911	,155
OBU U	79	6,7697	1,225	,138

Mean Difference = 7,0303

Levene's Test for Equality of Variances: F= 11,685 P= ,001

t-test for Equality of Means					95%
Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE of Diff	CI for Diff
Equal	29,68	230	,000	,237	(6,563; 7,497)
Unequal	33,95	219,42	,000	,207	(6,622; 7,438)

UG: HA

t-tests for independent samples of OBU

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean
CU				
OBU O	154	489,7655	116,550	9,392
OBU U	61	31,9497	10,949	1,402

Mean Difference = 457,8158

Levene's Test for Equality of Variances: $F = 35,496$ $P = ,000$

t-test for Equality of Means					95%
Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE of Diff	CI for Diff
Equal	30,58	213	,000	14,970	(428,302; 487,330)
Unequal	48,21	159,69	,000	9,496	(439,058; 476,574)

UG: HG

t-tests for independent samples of OBU

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean
PH				
OBU O	107	7,9514	,319	,031
OBU U	85	7,0894	,821	,089

Mean Difference = ,8620

Levene's Test for Equality of Variances: $F = 84,488$ $P = ,000$

t-test for Equality of Means					95%
Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE of Diff	CI for Diff
Equal	9,96	190	,000	,087	(,691; 1,033)
Unequal	9,14	104,19	,000	,094	(,675; 1,049)

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean
ZN				
OBU O	118	3217,6307	466,876	42,979
OBU U	98	3142,0389	1208,430	122,070

Mean Difference = 75,5918

Levene's Test for Equality of Variances: $F = 72,750$ $P = ,000$

t-test for Equality of Means					95%
Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE of Diff	CI for Diff
Equal	,63	214	,532	120,787	(-162,547; 313,730)
Unequal	,58	121,00	,560	129,415	(-180,677; 331,860)

UG: HG

t-tests for independent samples of OBU

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean
PB				
OBU O	132	2611,8544	558,848	48,641
OBU U	71	1475,8196	648,348	76,945

Mean Difference = 1136,0348

Levene's Test for Equality of Variances: F= ,788 P= ,376

t-test for Equality of Means					95%
Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE of Diff	CI for Diff
Equal	13,05	201	,000	87,062	(964,325; 1307,744)
Unequal	12,48	126,35	,000	91,030	(955,849; 1316,221)

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean
CD				
OBU O	118	11,3281	1,580	,145
OBU U	83	12,0772	3,572	,392

Mean Difference = -,7492

Levene's Test for Equality of Variances: F= 71,077 P= ,000

t-test for Equality of Means					95%
Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE of Diff	CI for Diff
Equal	-2,02	199	,045	,372	(-1,482; -,016)
Unequal	-1,79	104,73	,076	,418	(-1,579; ,080)

UG: HG

t-tests for independent samples of OBU

Number

Variable	of Cases	Mean	SD	SE of Mean
CU				
OBU O	109	446,7498	86,594	8,294
OBU U	61	240,1741	110,143	14,102

Mean Difference = 206,5757

Levene's Test for Equality of Variances: F= 5,620 P= ,019

t-test for Equality of Means					95%
Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE of Diff	CI for Diff
Equal	13,50	168	,000	15,298	(176,368; 236,783)
Unequal	12,63	101,91	,000	16,361	(174,117; 239,034)

UG: HW

t-tests for independent samples of OBU

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean
PH				
OBU O	129	6,5643	,435	,038
OBU U	101	6,3802	,439	,044

Mean Difference = ,1841

Levene's Test for Equality of Variances: F= ,439 P= ,508

t-test for Equality of Means					95%
Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE of Diff	CI for Diff
Equal	3,17	228	,002	,058	(,070; ,299)
Unequal	3,17	214,04	,002	,058	(,070; ,299)

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean
ZN				
OBU O	137	3845,2226	749,465	64,031
OBU U	51	463,1994	313,147	43,849

Mean Difference = 3382,0232

Levene's Test for Equality of Variances: $F = 18,460$ $P = ,000$

t-test for Equality of Means					95%
Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE of Diff	CI for Diff
Equal	31,19	186	,000	108,444	(3168,037; 3596,009)
Unequal	43,58	183,62	,000	77,606	(3228,877; 3535,170)

UG: HW

t-tests for independent samples of OBU

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean
PB				
OBU O	149	3475,6027	875,162	71,696
OBU U	65	171,6851	297,958	36,957

Mean Difference = 3303,9176

Levene's Test for Equality of Variances: $F = 72,056$ $P = ,000$

t-test for Equality of Means					95%
Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE of Diff	CI for Diff
Equal	29,66	212	,000	111,386	(3084,304; 3523,531)
Unequal	40,96	203,82	,000	80,661	(3144,847; 3462,989)

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean
CD				
OBU O	134	20,5003	6,506	,562
OBU U	101	8,0148	2,667	,265

Mean Difference = 12,4855

Levene's Test for Equality of Variances: $F = 66,406$ $P = ,000$

t-test for Equality of Means					95%
Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE of Diff	CI for Diff
Equal	18,16	233	,000	,687	(11,131; 13,840)
Unequal	20,09	186,57	,000	,621	(11,259; 13,712)

UG: HW

t-tests for independent samples of OBU

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean
CU				
OBU O	142	576,8484	117,307	9,844
OBU U	55	31,7647	5,939	,801

Mean Difference = 545,0837

Levene's Test for Equality of Variances: F=130,365 P= ,000

t-test for Equality of Means					95%
Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE of Diff	CI for Diff
Equal	34,39	195	,000	15,850	(513,817; 576,350)
Unequal	55,19	142,86	,000	9,877	(525,556; 564,611)

UG: VA

t-tests for independent samples of OBU

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean
PH				
OBU O	51	8,0549	,276	,039
OBU U	0	,	,	,

%Warning # 11831. Command name: T-TEST

%At least one of the groups is empty. This analysis cannot be performed.

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean
ZN				
OBU O	49	763,4345	236,853	33,836
OBU U	0	,	,	,

%Warning # 11831. Command name: T-TEST
 %At least one of the groups is empty. This analysis cannot be performed.

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean

PB				
OBU O	51	223,9647	63,354	8,871
OBU U	0	,	,	,

%Warning # 11831. Command name: T-TEST
 %At least one of the groups is empty. This analysis cannot be performed.

UG: VA
 t-tests for independent samples of OBU

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean

CD				
OBU O	50	5,6886	,706	,100
OBU U	0	,	,	,

%Warning # 11831. Command name: T-TEST
 %At least one of the groups is empty. This analysis cannot be performed.

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean

CU				
OBU O	48	95,1650	27,141	3,917
OBU U	0	,	,	,

%Warning # 11831. Command name: T-TEST
 %At least one of the groups is empty. This analysis cannot be performed.

UG: VG

t-tests for independent samples of OBU

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean

PH				
OBU O	75	7,9880	,262	,030
OBU U	0	,	,	,

%Warning # 11831. Command name: T-TEST

%At least one of the groups is empty. This analysis cannot be performed.

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean

ZN				
OBU O	62	502,6818	237,416	30,152
OBU U	0	,	,	,

%Warning # 11831. Command name: T-TEST

%At least one of the groups is empty. This analysis cannot be performed.

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean

PB				
OBU O	62	186,8000	87,236	11,079
OBU U	0	,	,	,

%Warning # 11831. Command name: T-TEST

%At least one of the groups is empty. This analysis cannot be performed.

UG: VG

t-tests for independent samples of OBU

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean
----------	--------------------	------	----	------------

CD				
OBU O	75	5,9784	1,070	,124
OBU U	0	,	,	,

%Warning # 11831. Command name: T-TEST

%At least one of the groups is empty. This analysis cannot be performed.

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean

CU				
OBU O	74	77,0715	39,778	4,624
OBU U	0	,	,	,

%Warning # 11831. Command name: T-TEST

%At least one of the groups is empty. This analysis cannot be performed.

UG: VW

t-tests for independent samples of OBU

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean

PH				
OBU O	35	6,0543	,458	,077
OBU U	0	,	,	,

%Warning # 11831. Command name: T-TEST

%At least one of the groups is empty. This analysis cannot be performed.

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean

ZN				
OBU O	34	881,1676	111,873	19,186
OBU U	0	,	,	,

%Warning # 11831. Command name: T-TEST

%At least one of the groups is empty. This analysis cannot be performed.

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean

PB				
OBU O	35	410,8506	78,897	13,336
OBU U	0	,	,	,

%Warning # 11831. Command name: T-TEST

%At least one of the groups is empty. This analysis cannot be performed.

UG: VW

t-tests for independent samples of OBU

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean

CD				
OBU O	40	8,5788	1,925	,304
OBU U	0	,	,	,

%Warning # 11831. Command name: T-TEST

%At least one of the groups is empty. This analysis cannot be performed.

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean

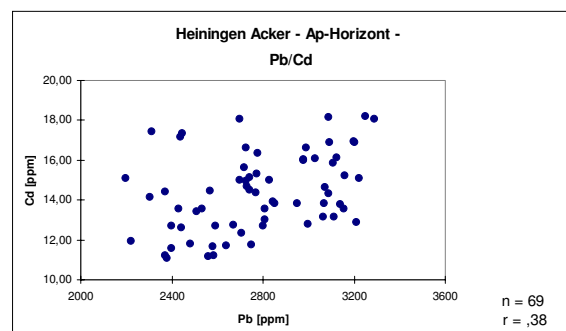
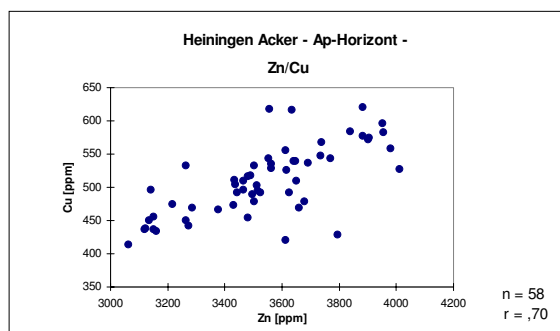
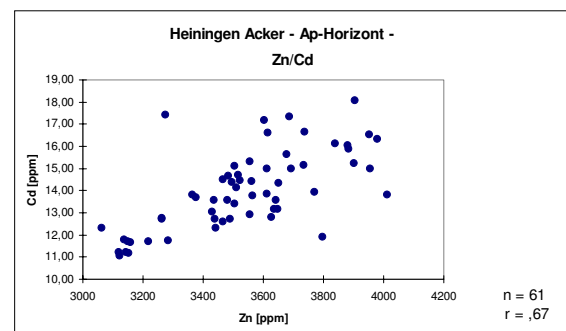
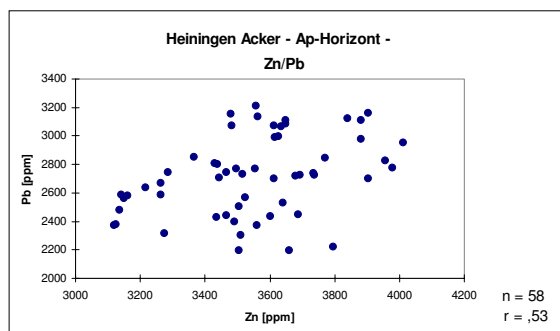
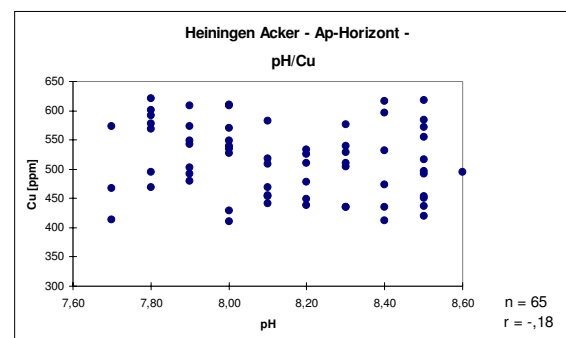
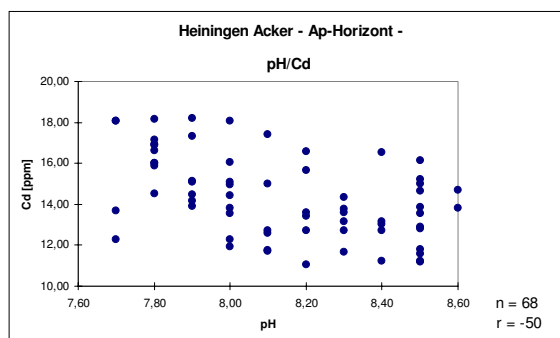
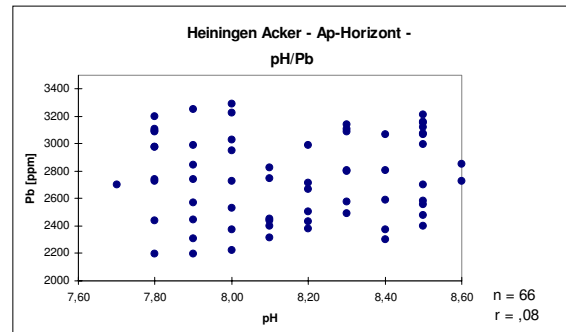
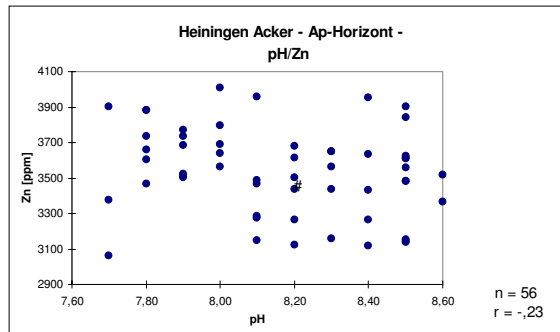
CU				
OBU O	34	145,0771	23,225	3,983
OBU U	0	,	,	,

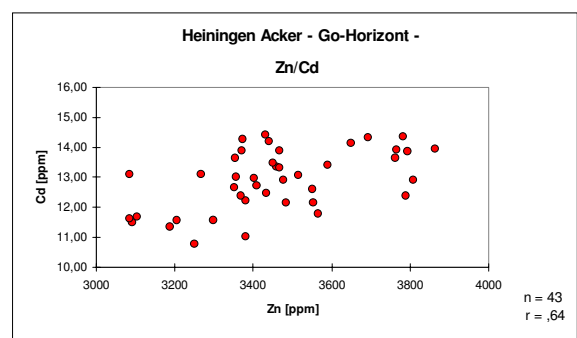
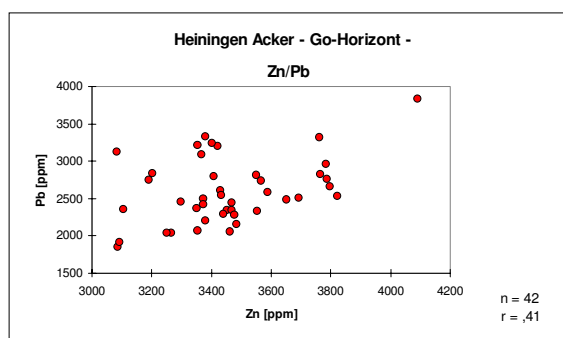
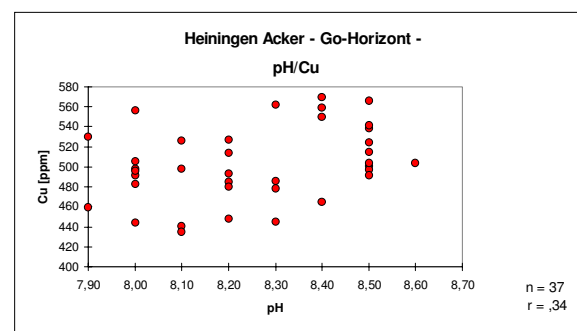
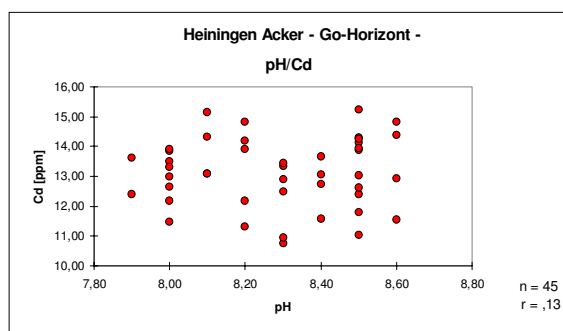
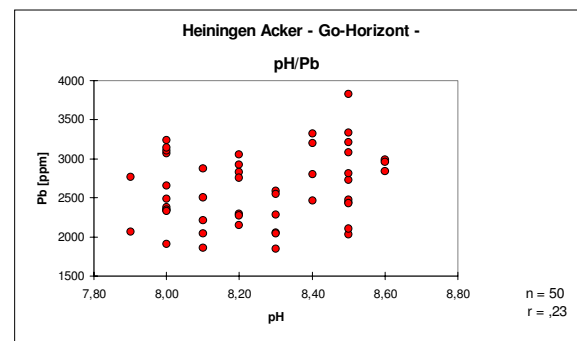
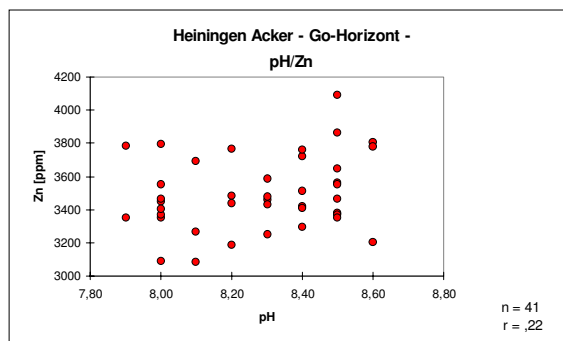
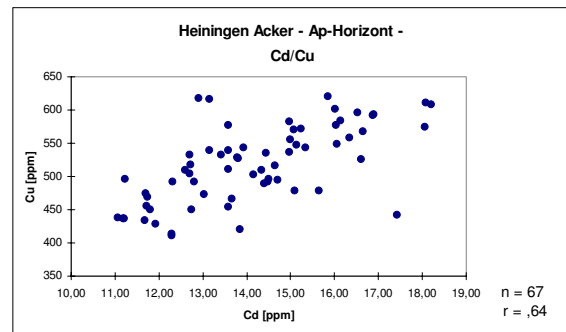
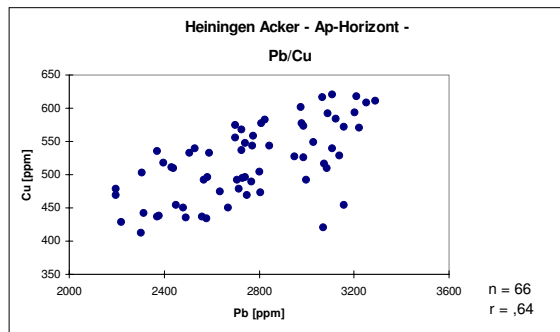
%Warning # 11831. Command name: T-TEST

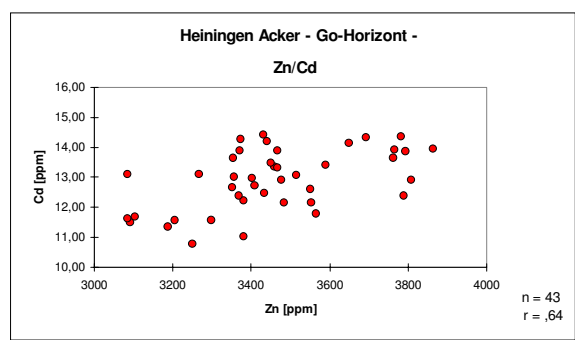
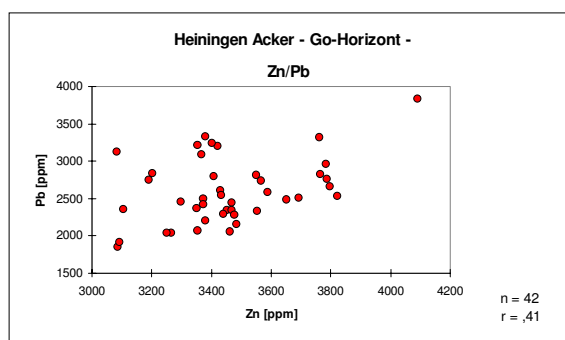
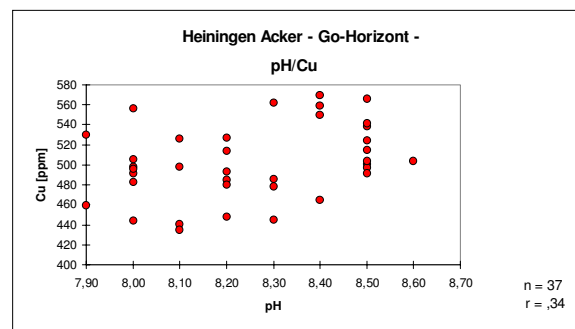
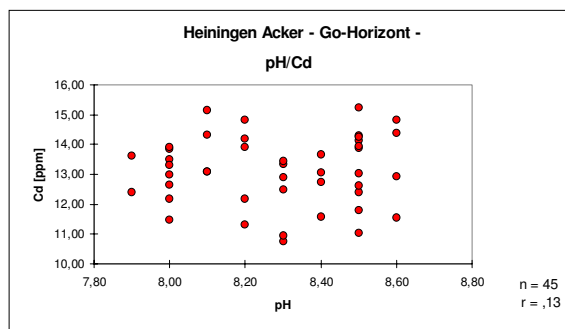
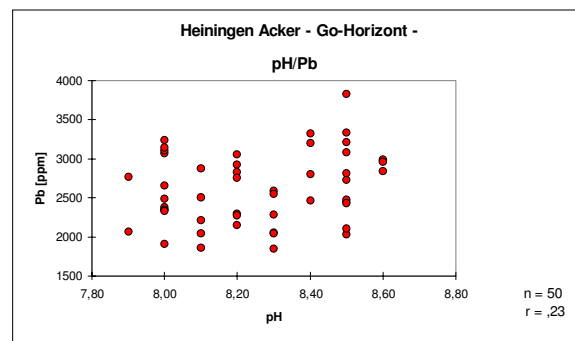
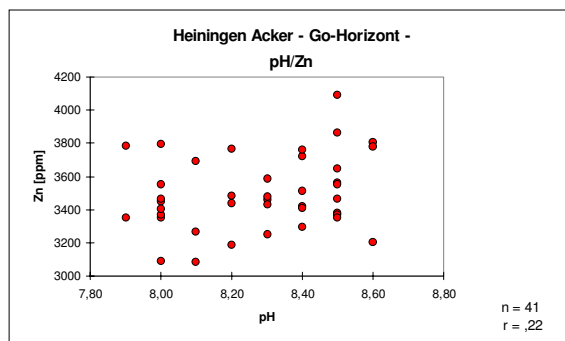
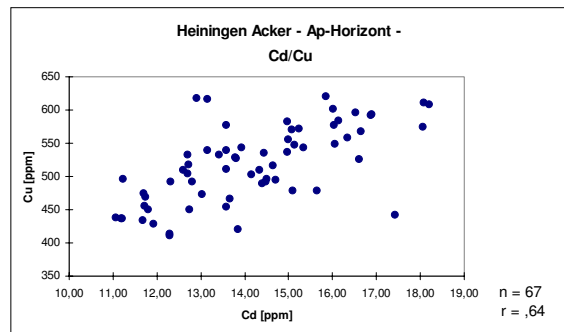
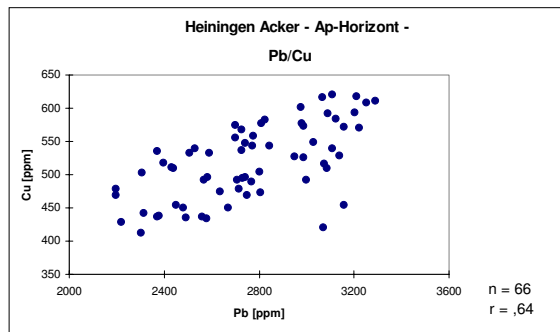
%At least one of the groups is empty. This analysis cannot be performed.

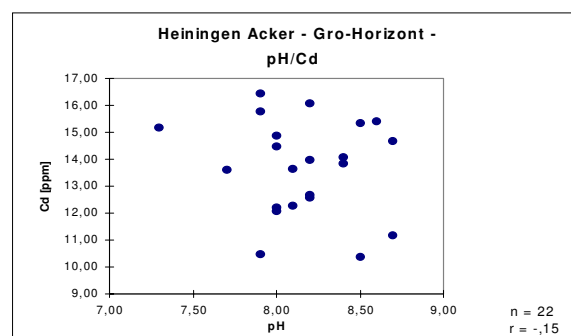
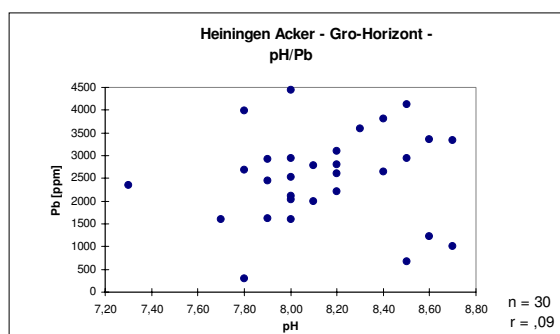
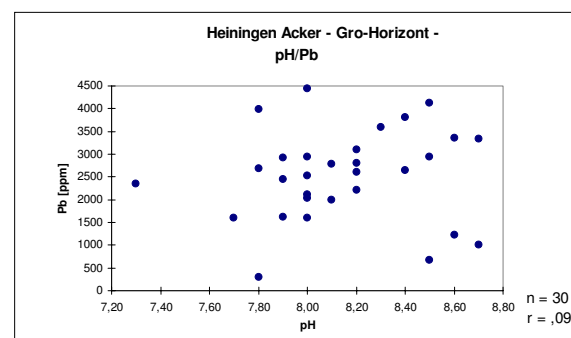
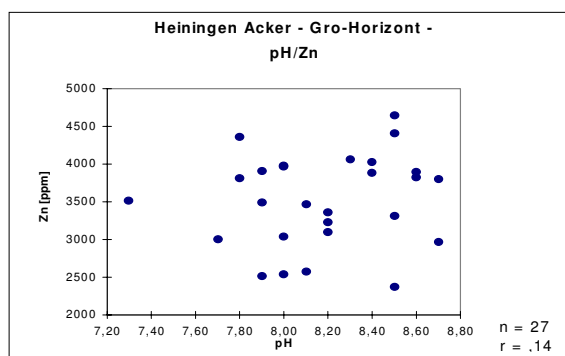
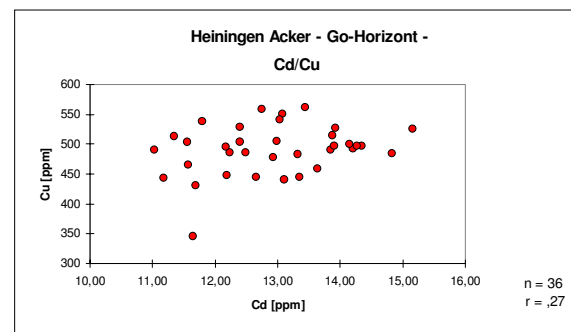
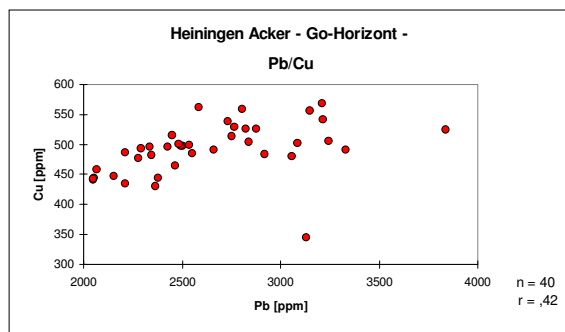
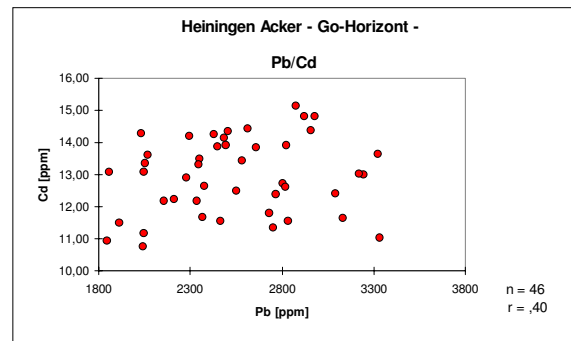
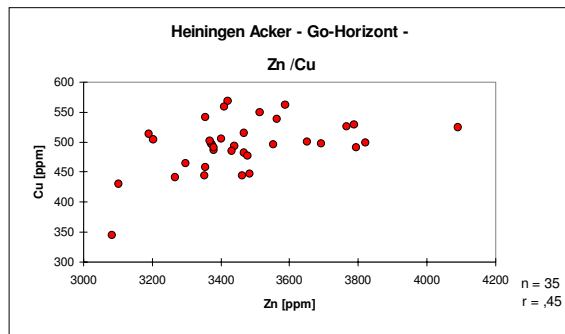
A.7 Scattergrams Gesamtproben

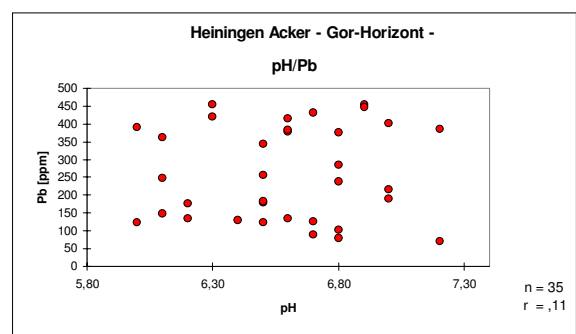
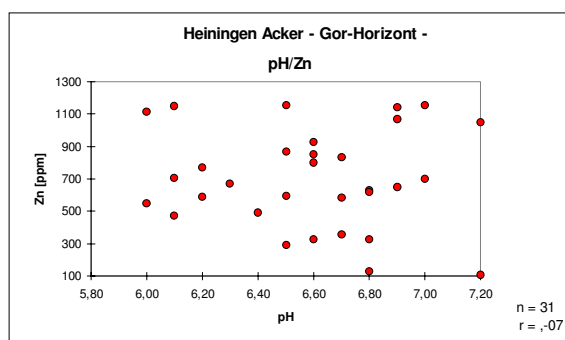
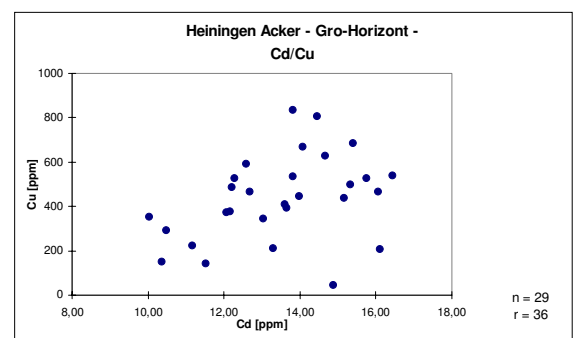
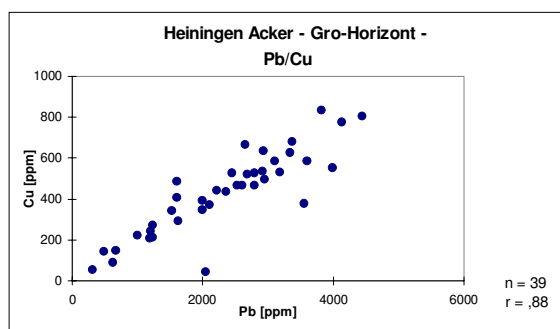
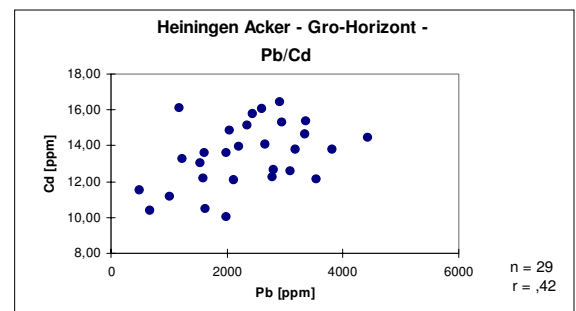
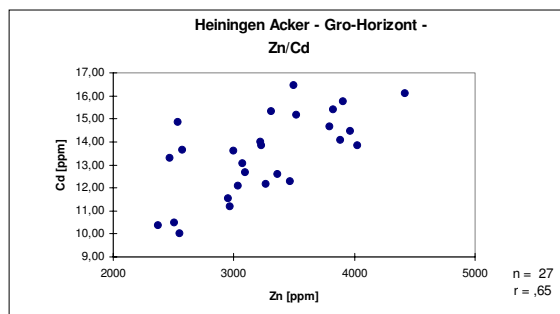
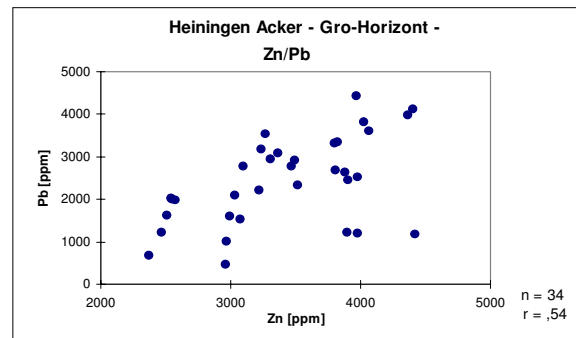
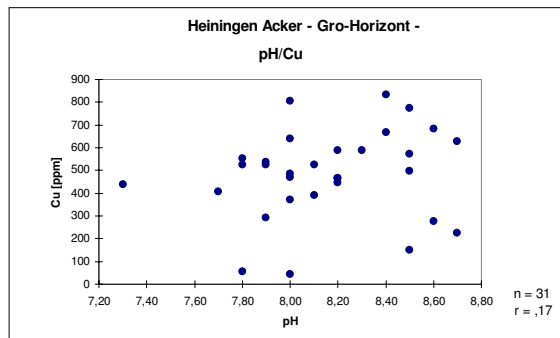
A.7.1 Scattergrams Gesamtproben Fläche

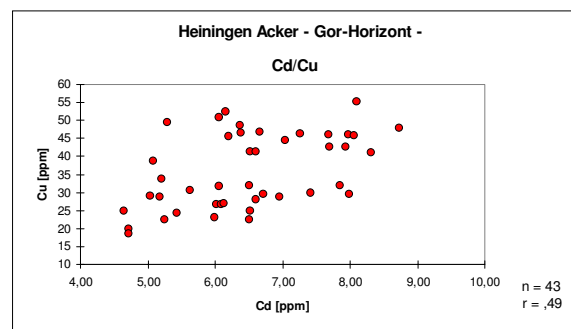
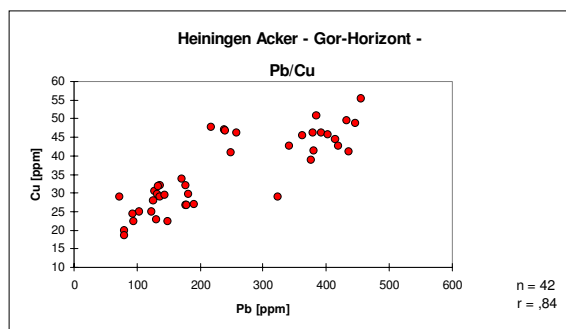
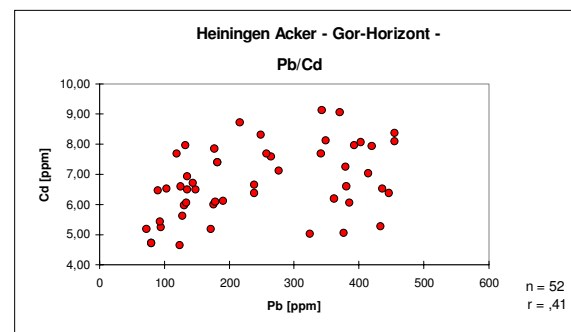
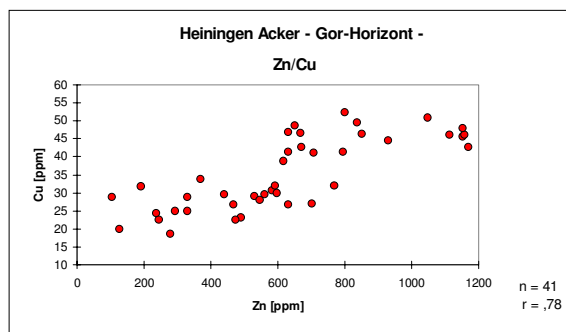
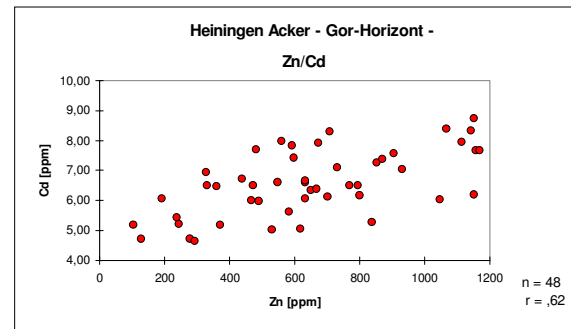
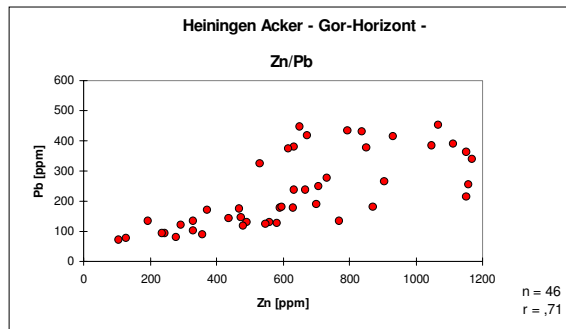
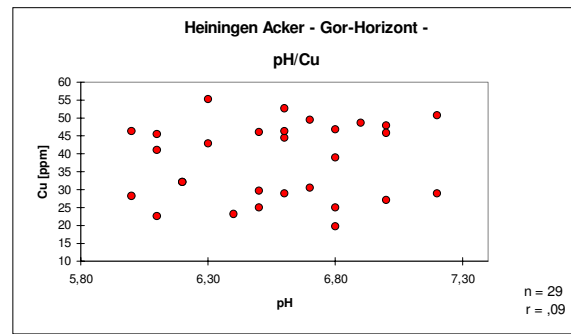
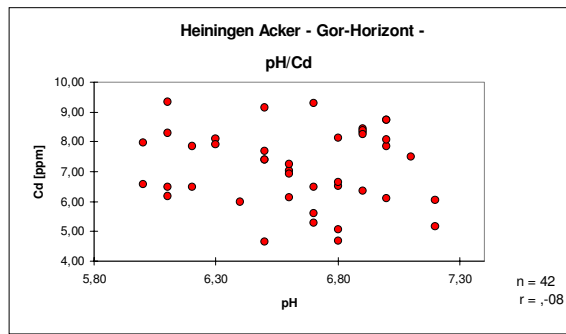


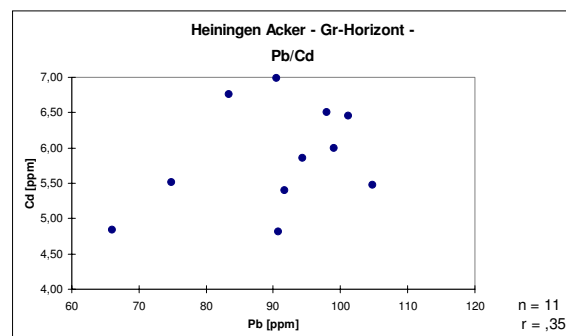
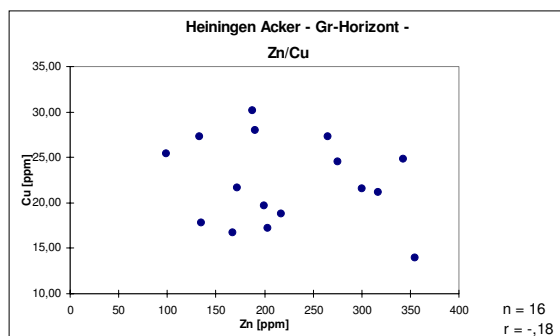
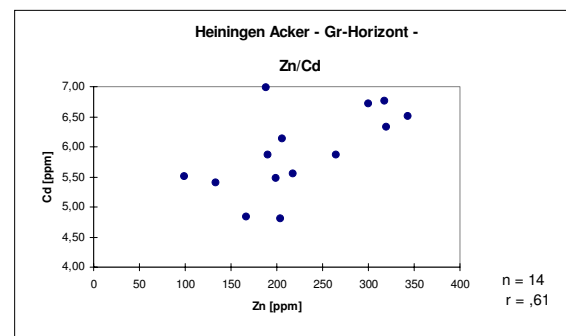
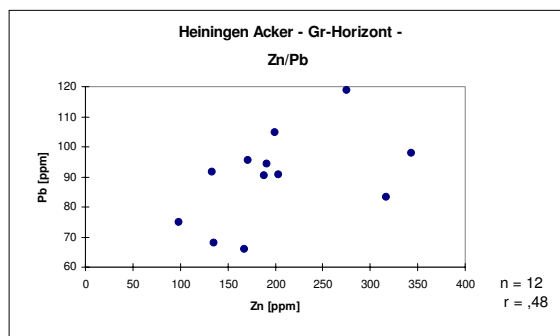
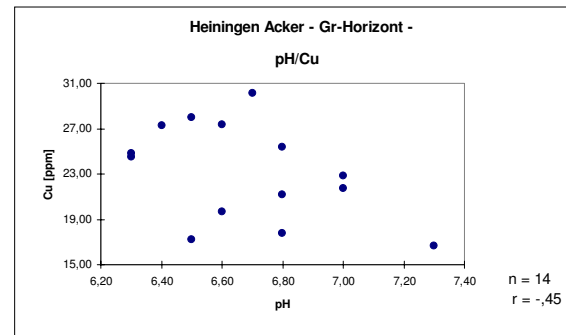
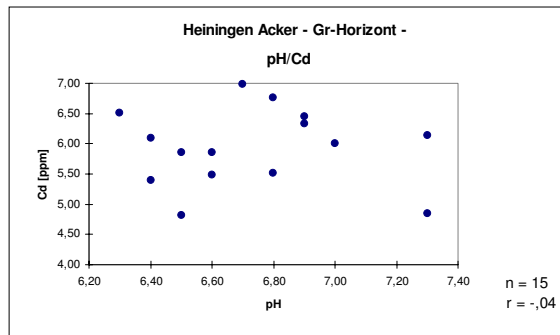
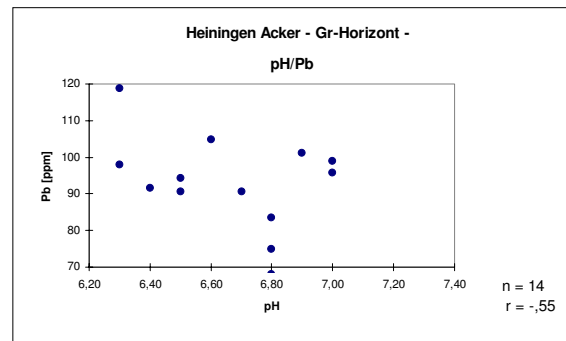
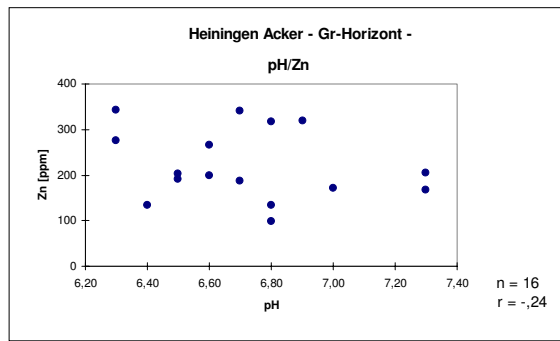


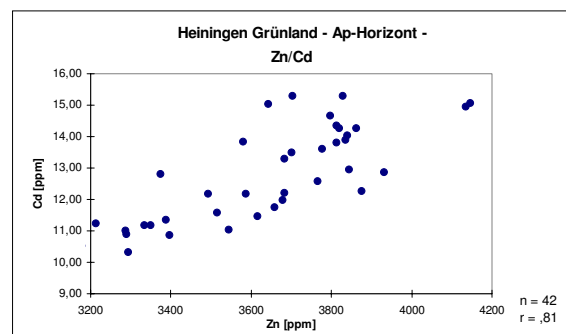
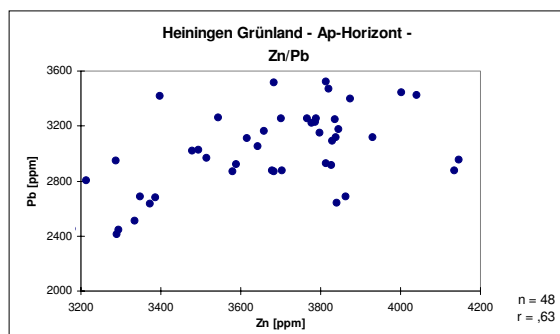
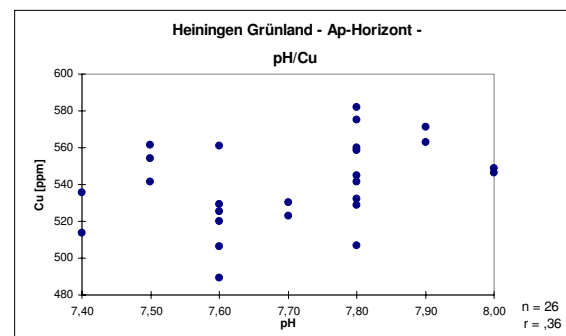
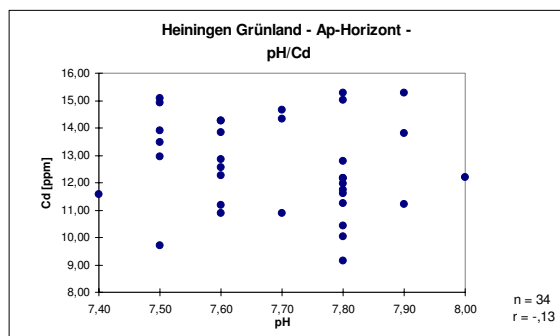
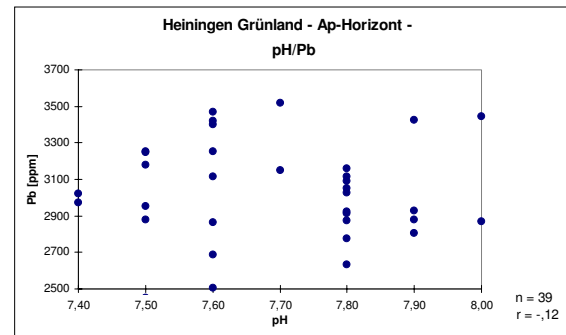
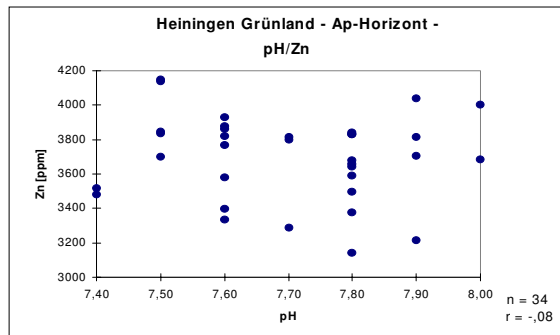
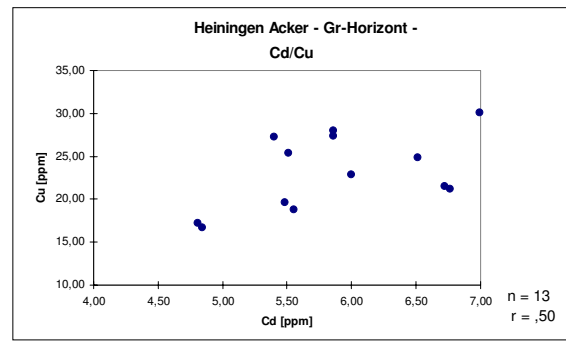
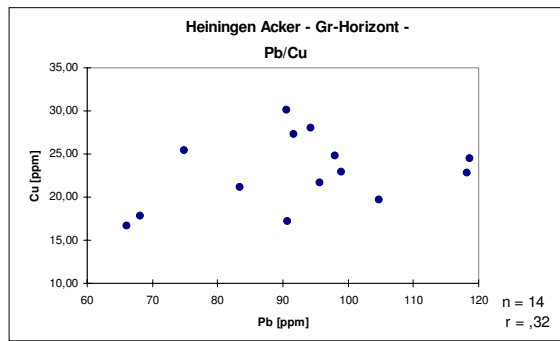


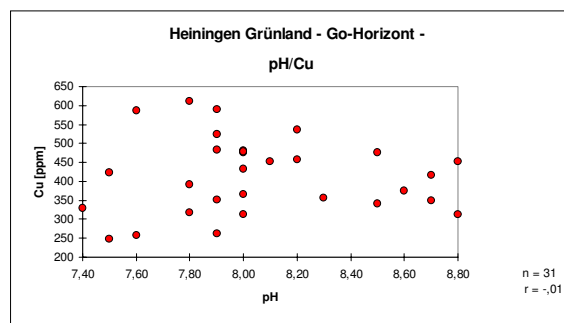
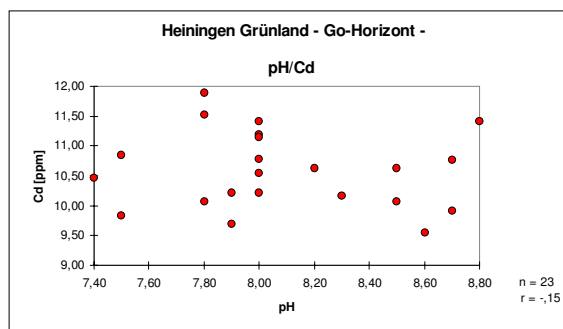
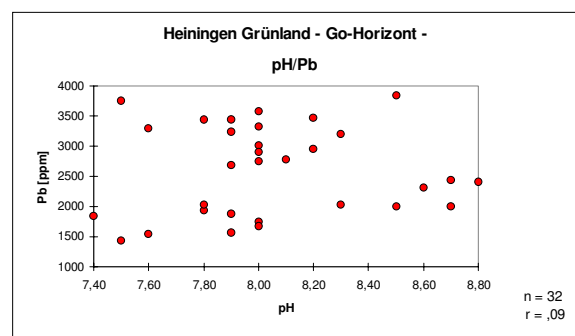
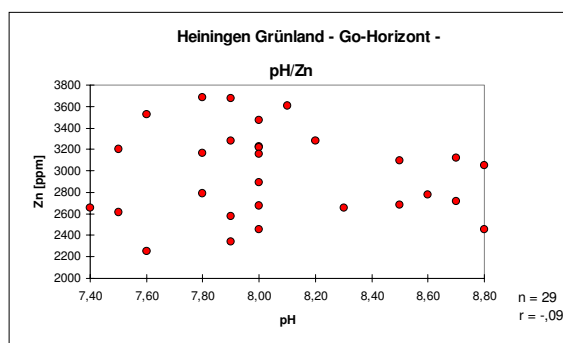
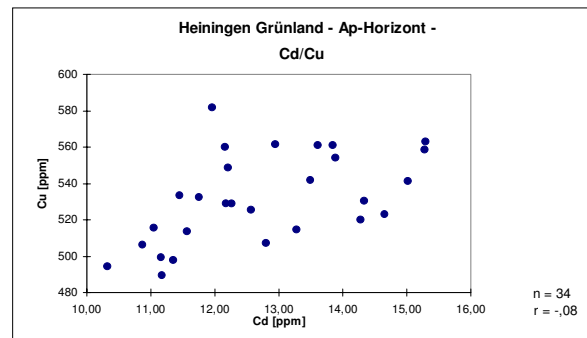
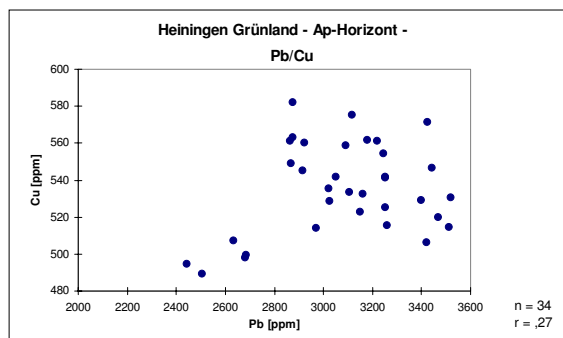
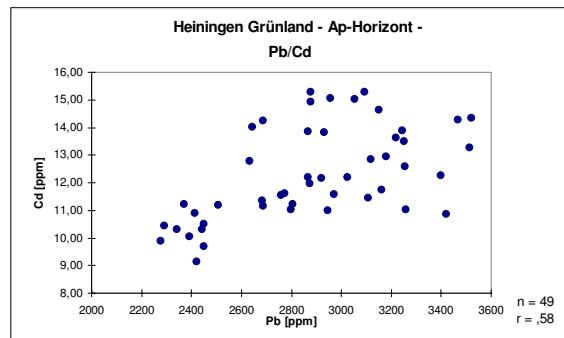
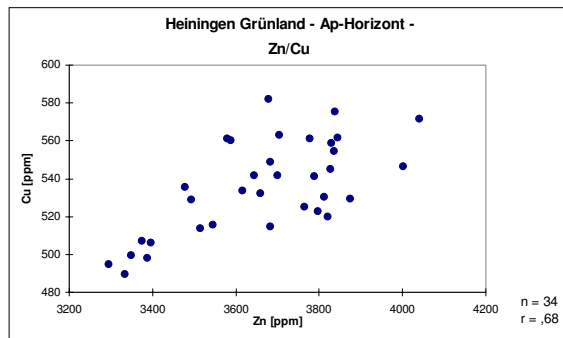


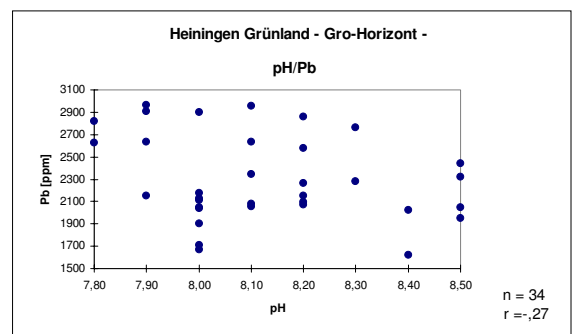
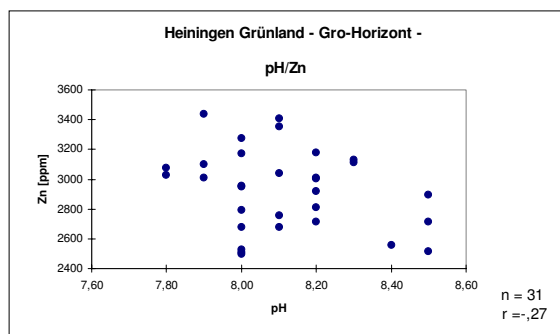
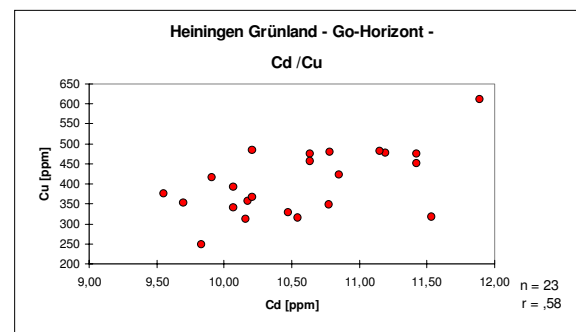
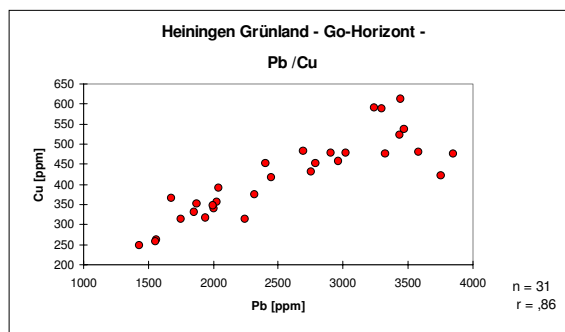
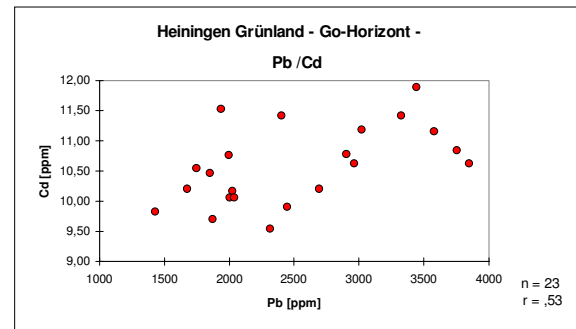
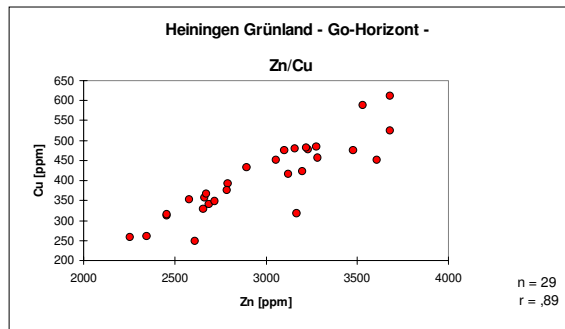
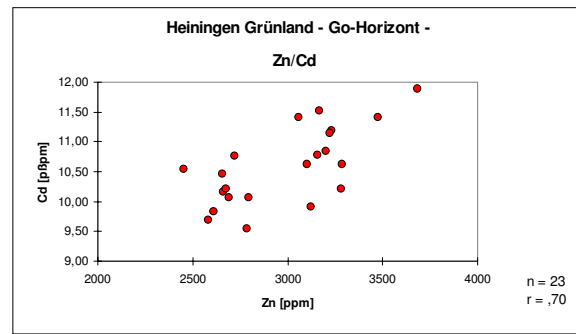
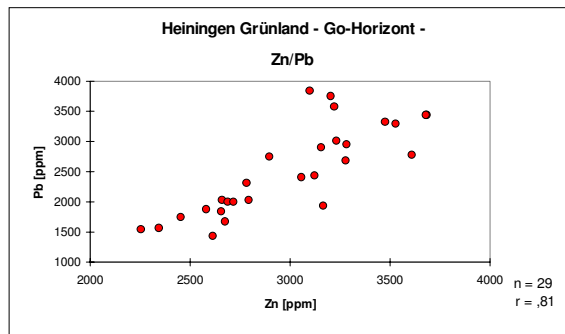


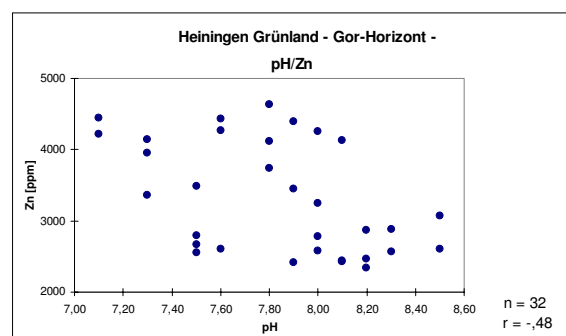
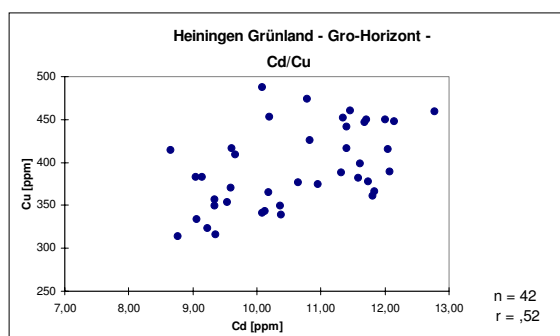
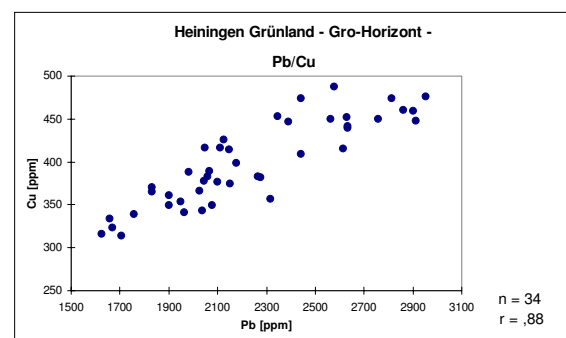
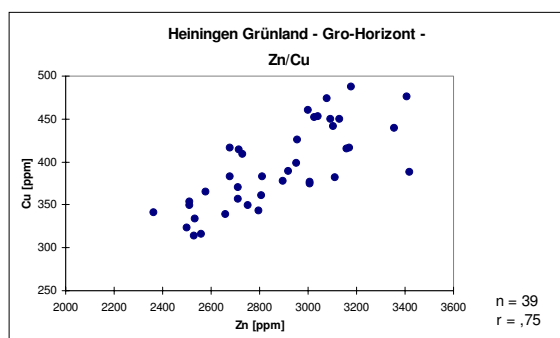
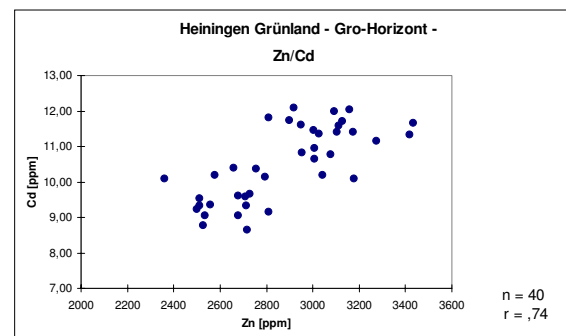
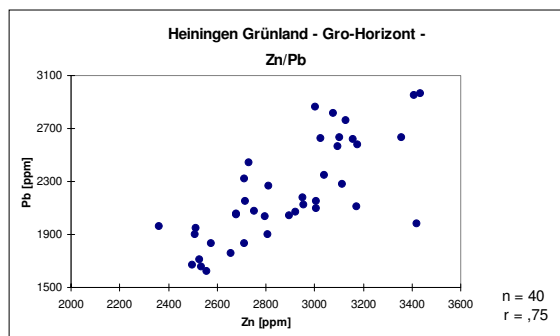
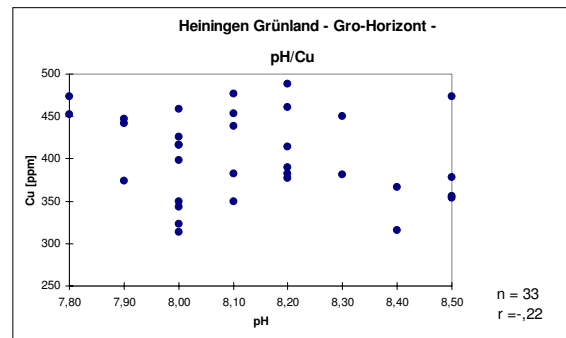
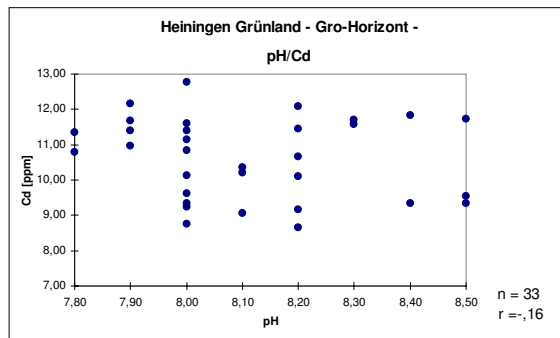


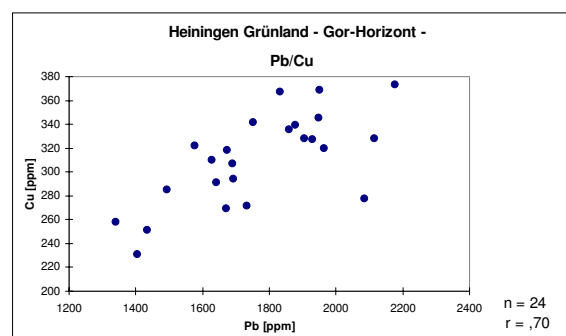
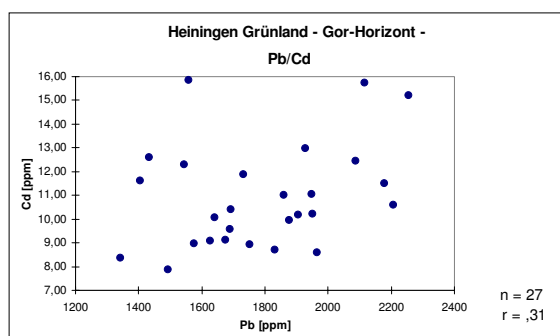
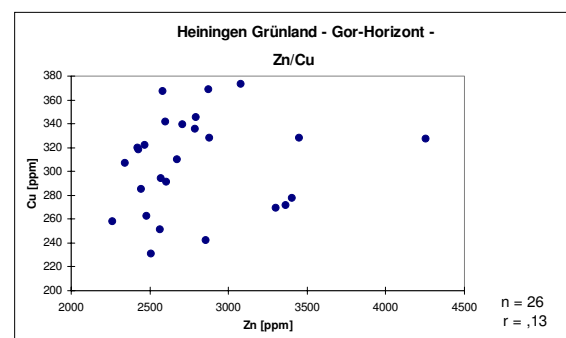
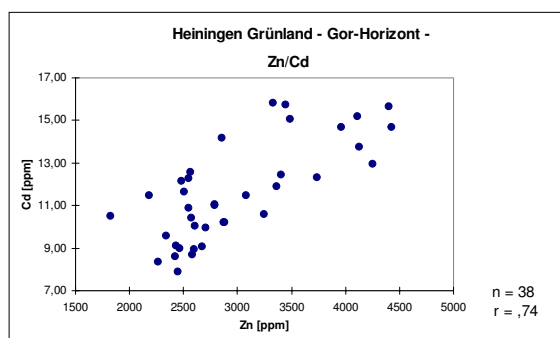
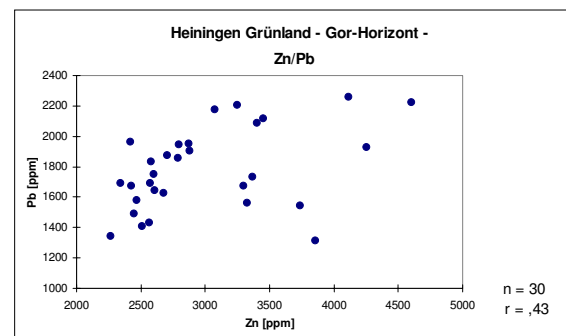
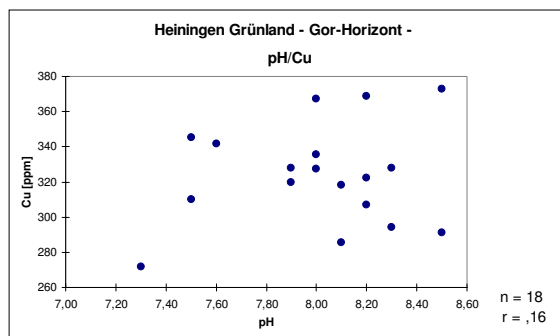
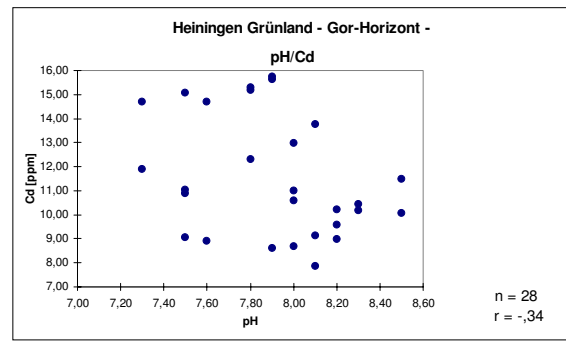
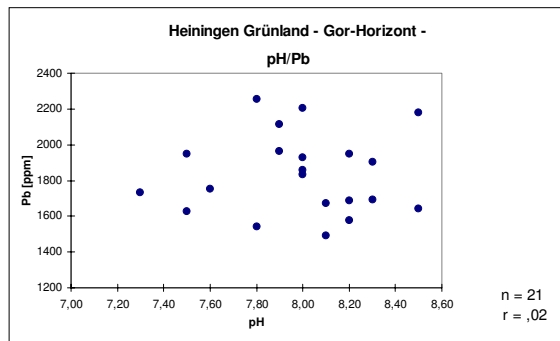


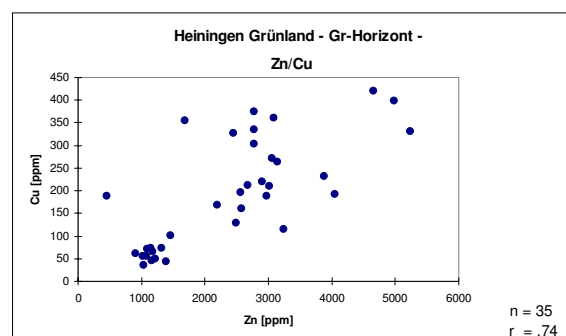
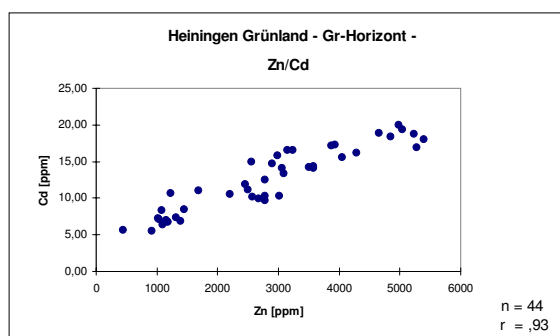
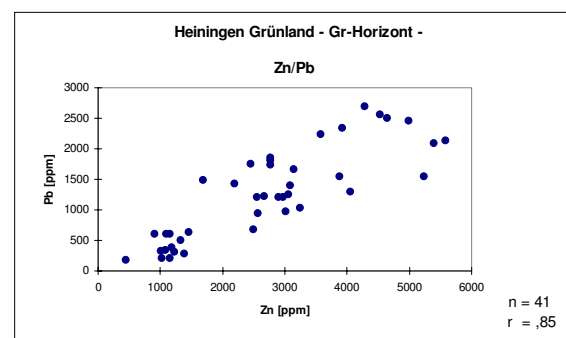
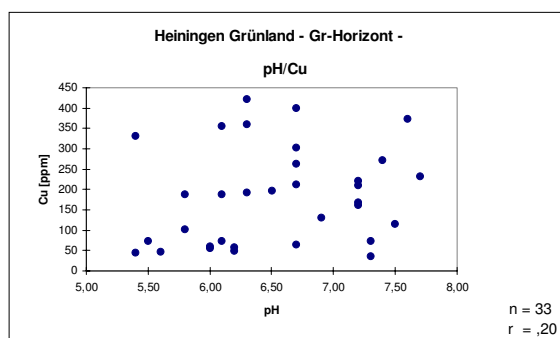
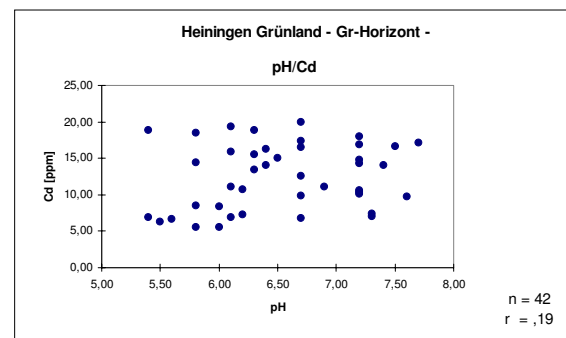
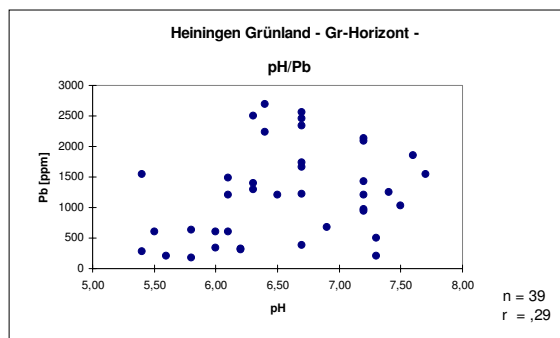
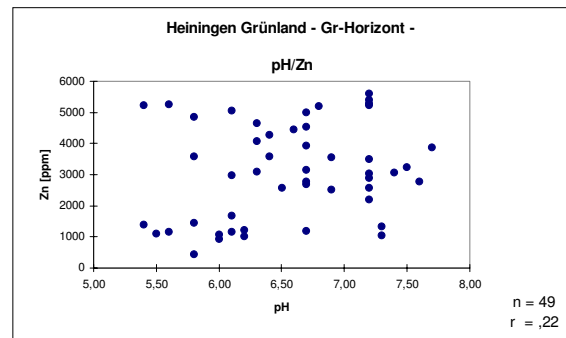
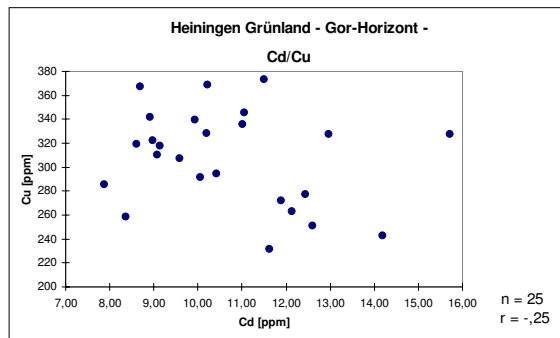


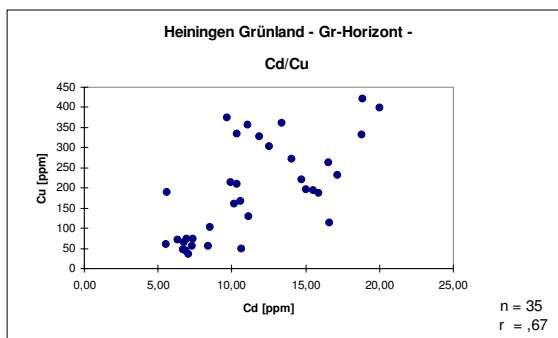
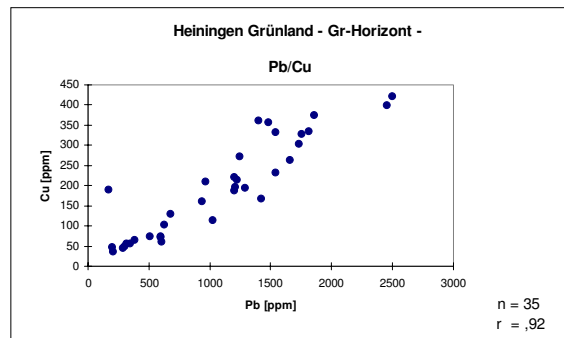
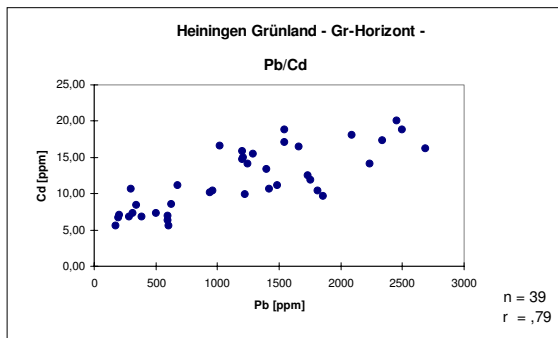


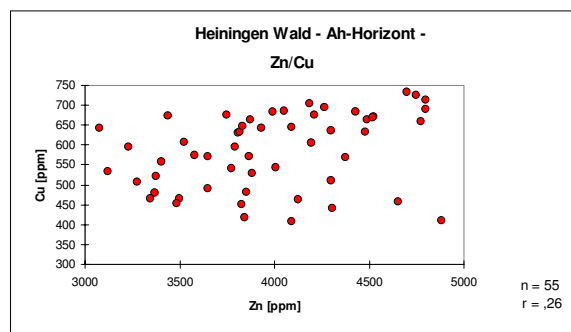
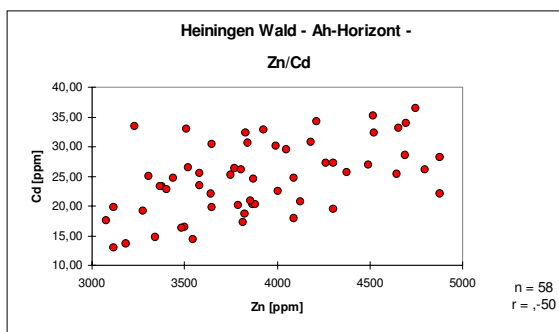
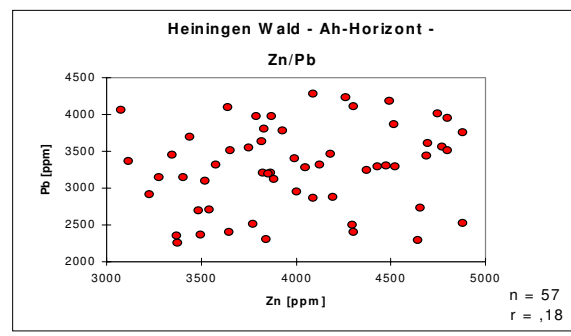
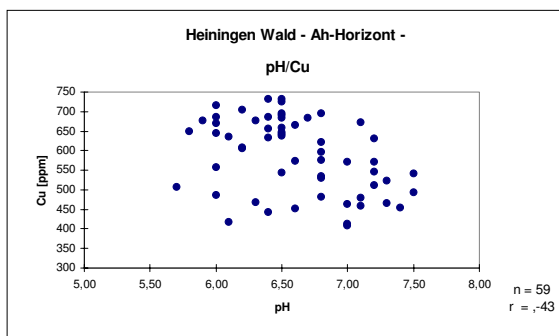
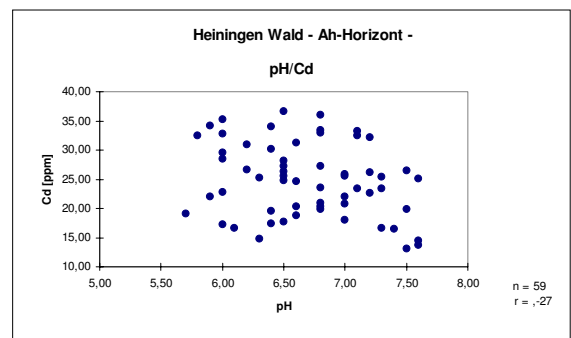
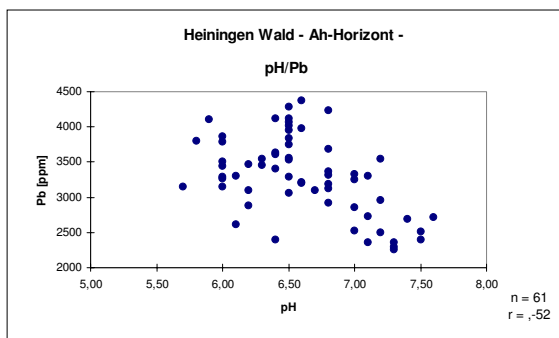
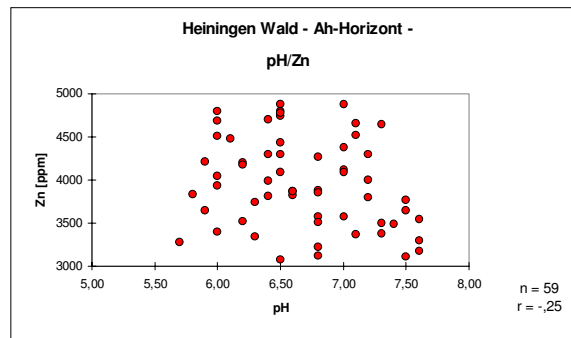
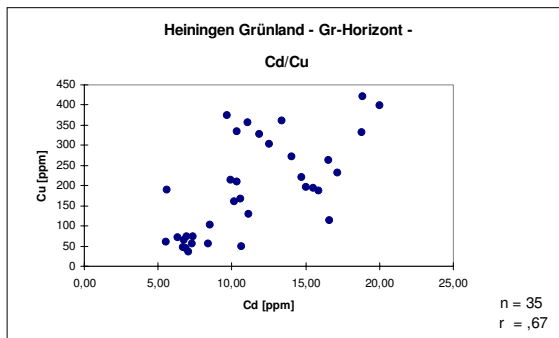


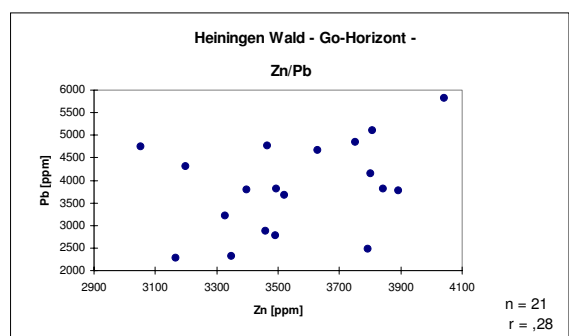
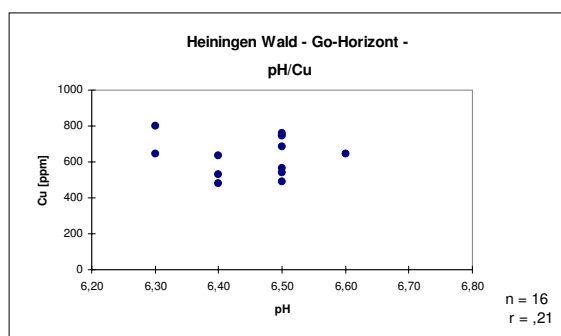
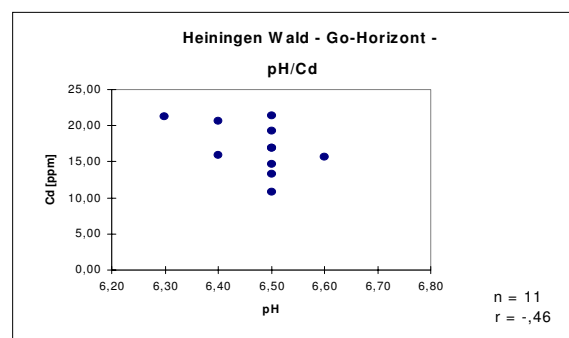
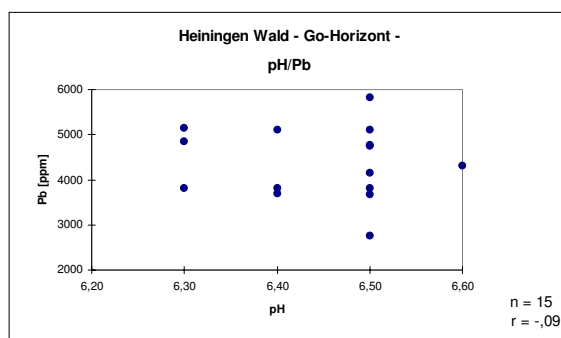
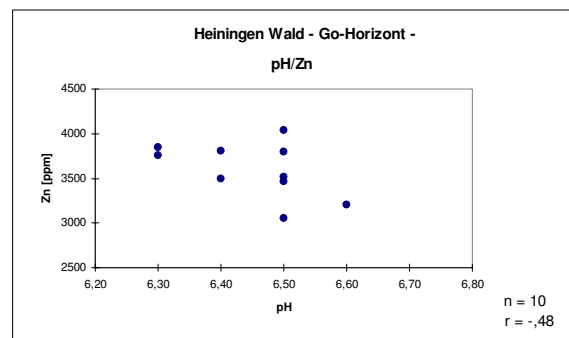
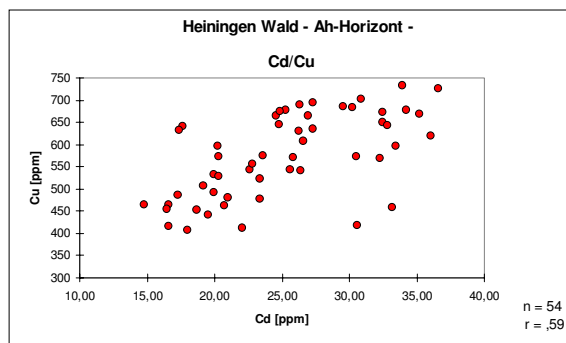
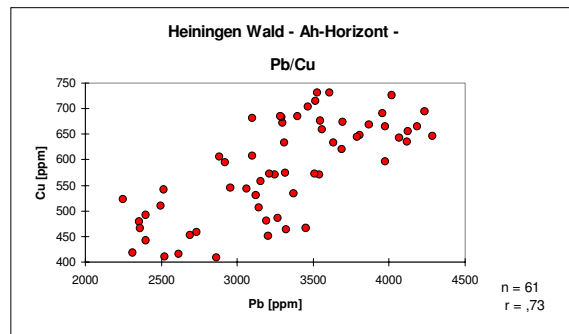
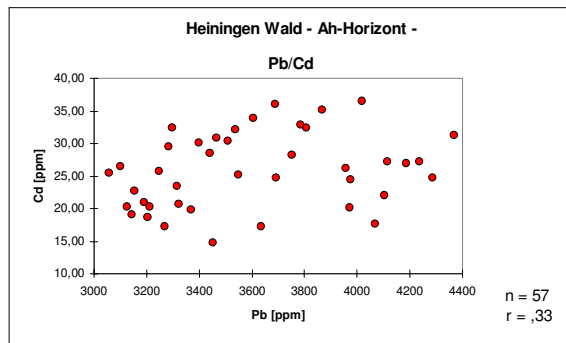


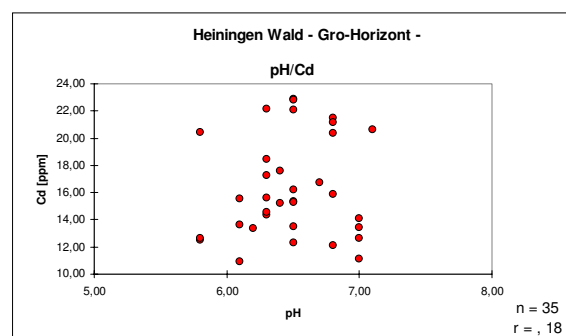
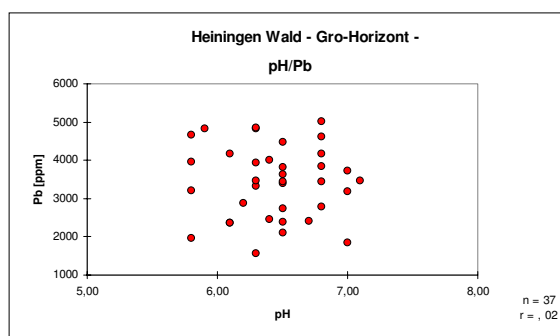
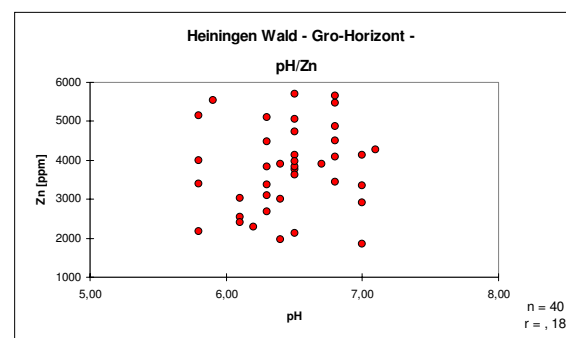
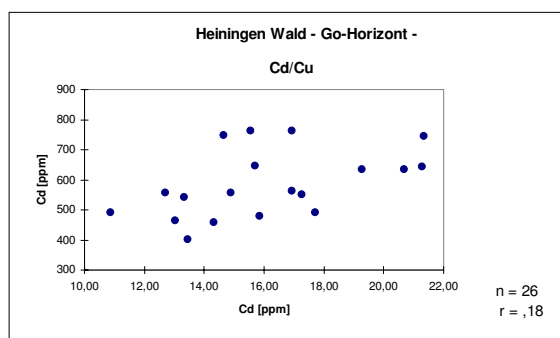
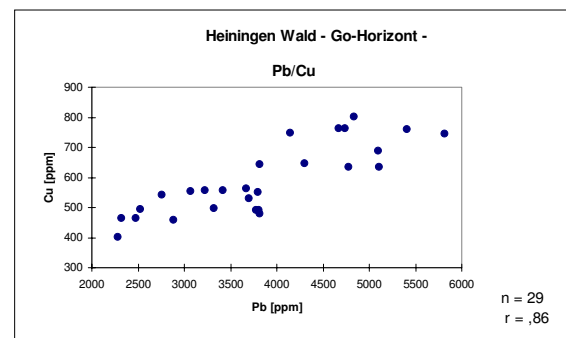
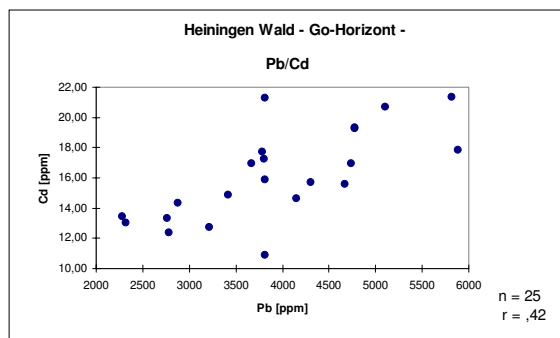
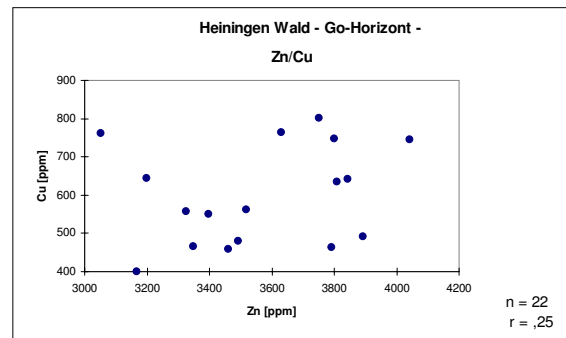
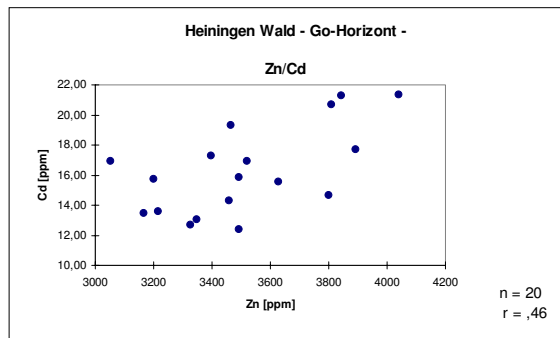


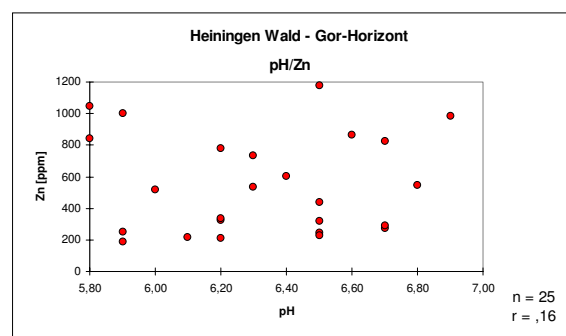
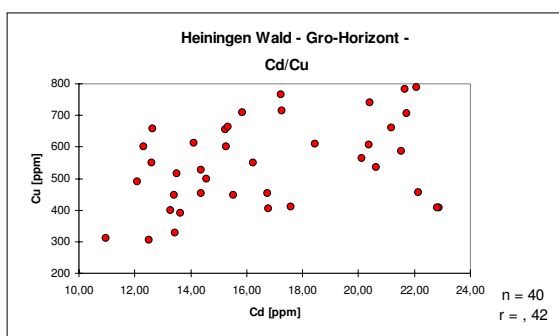
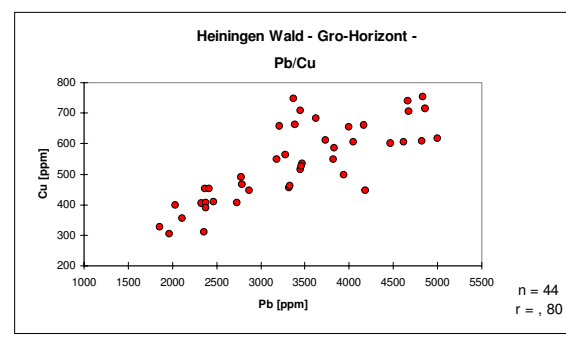
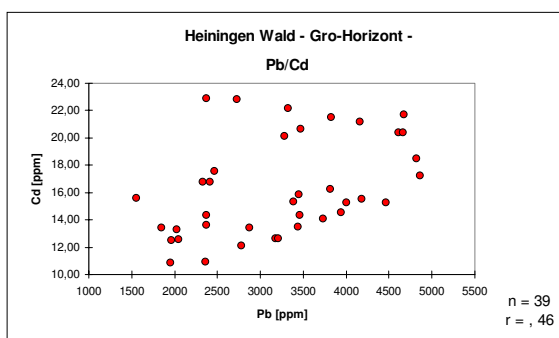
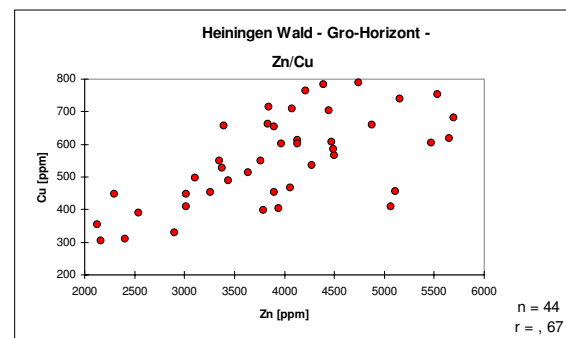
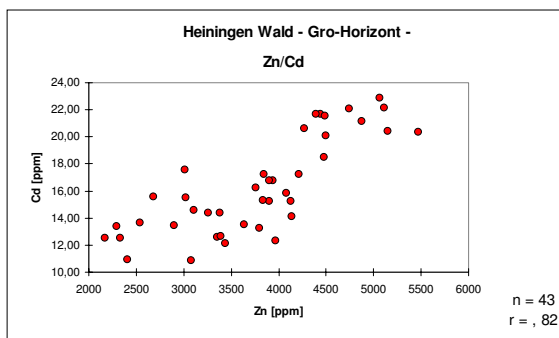
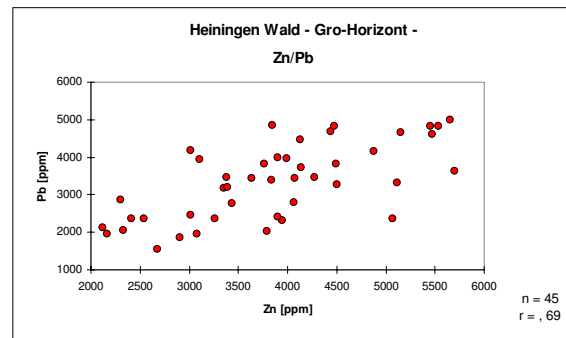
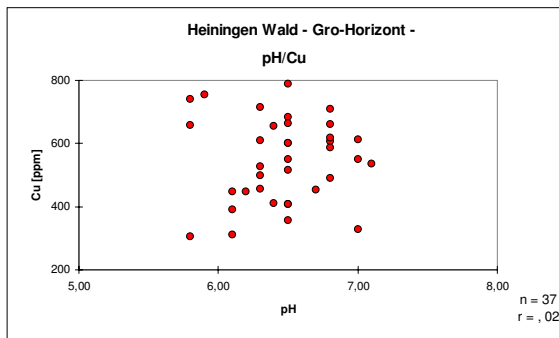


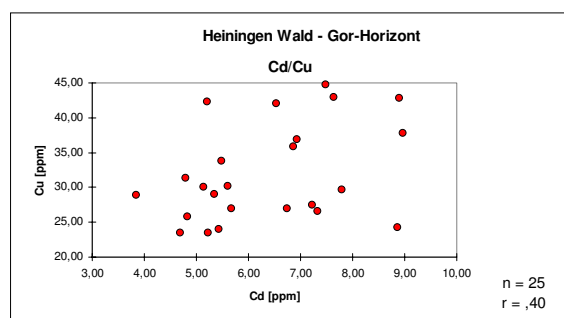
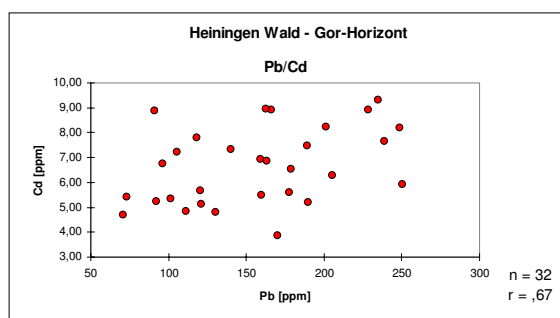
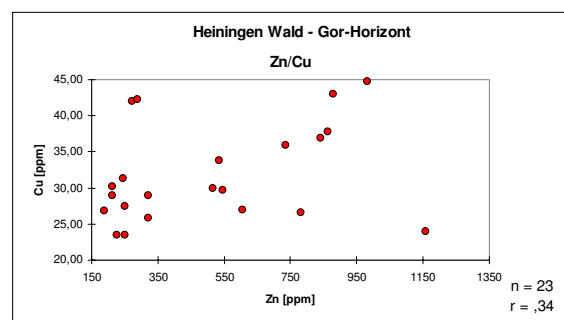
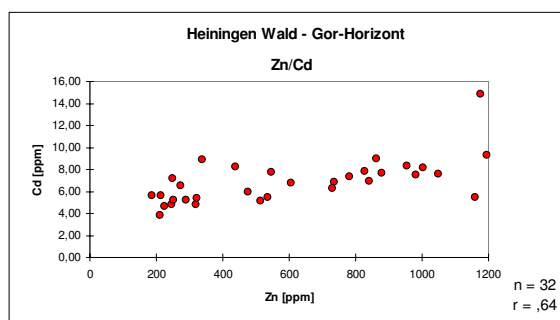
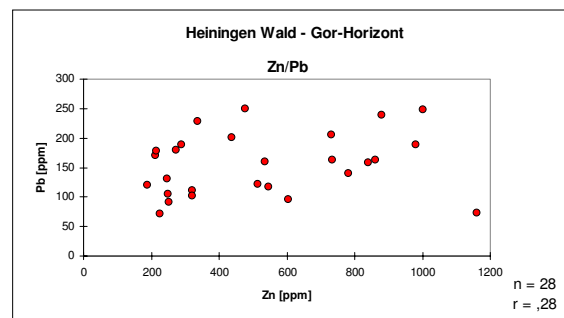
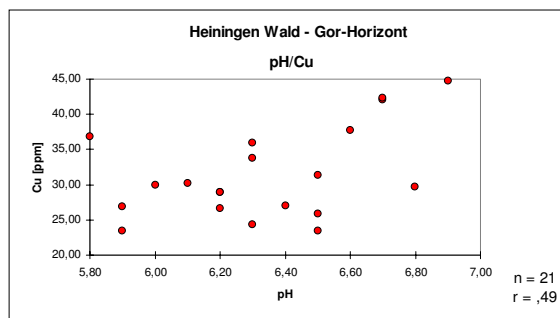
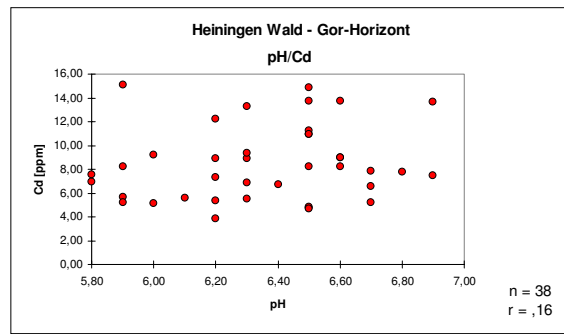
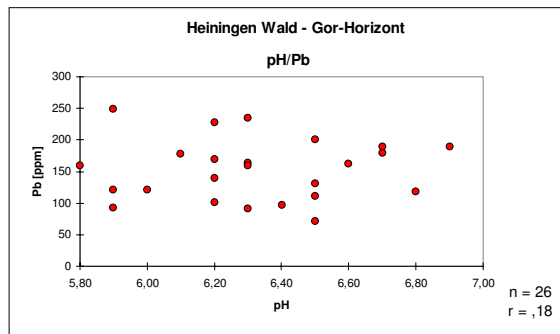


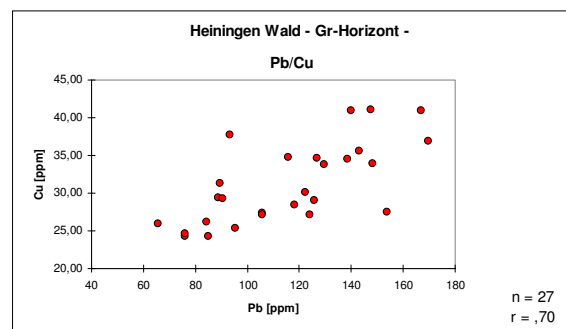
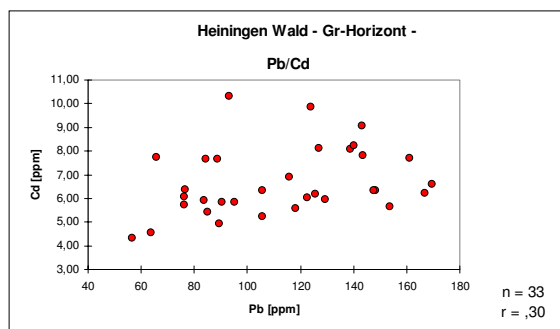
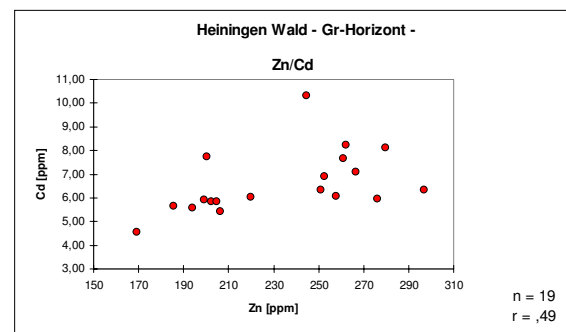
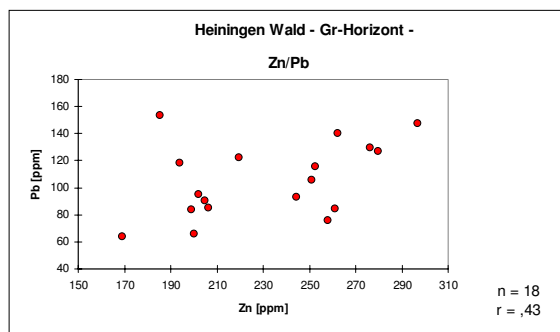
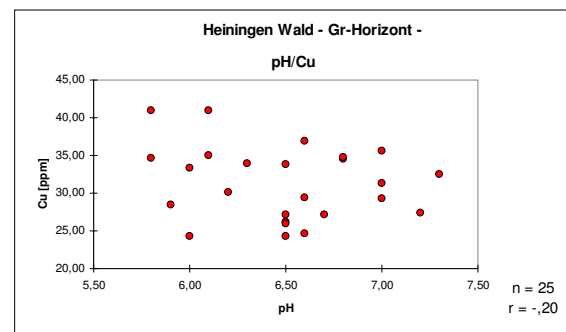
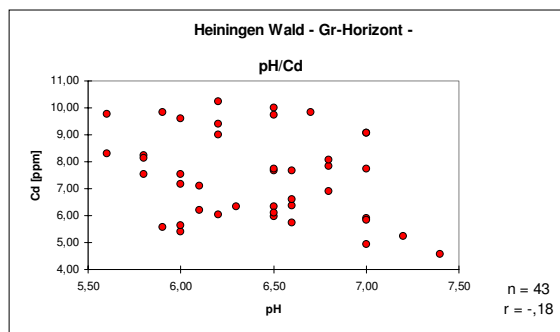
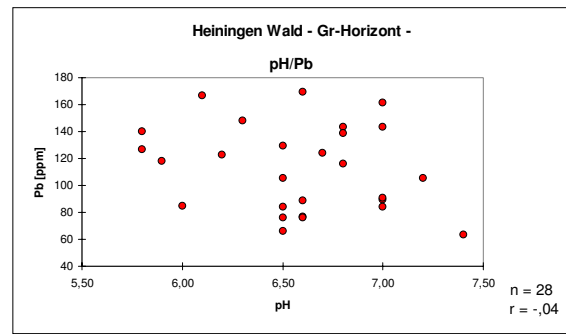
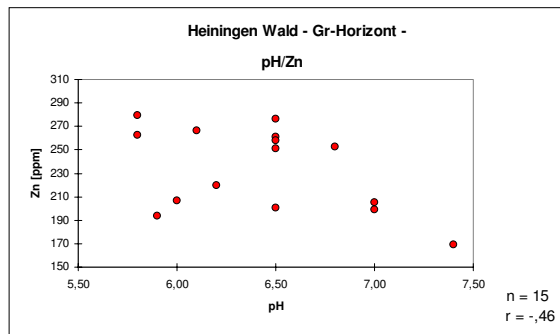


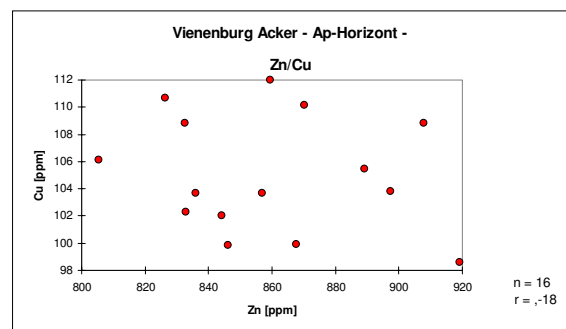
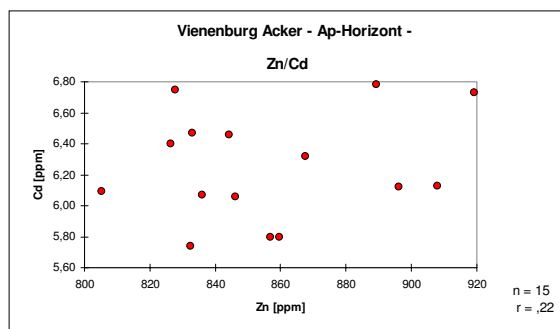
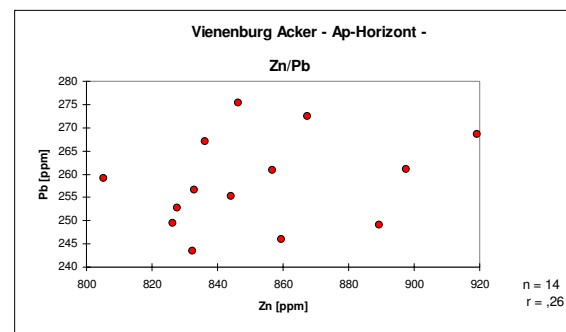
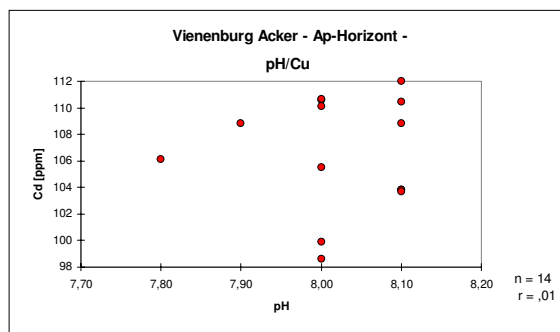
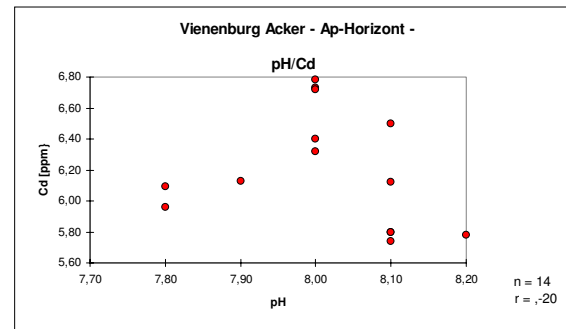
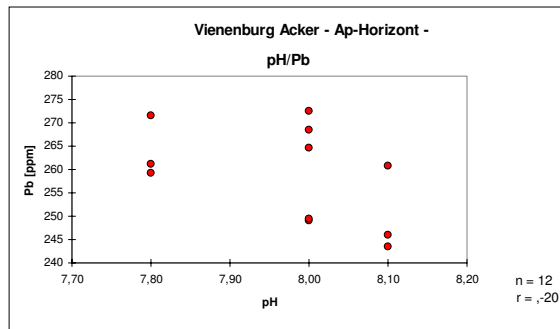
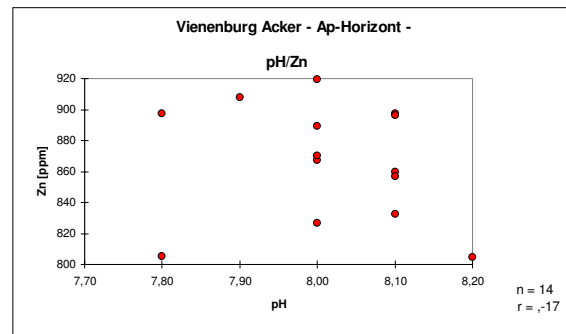
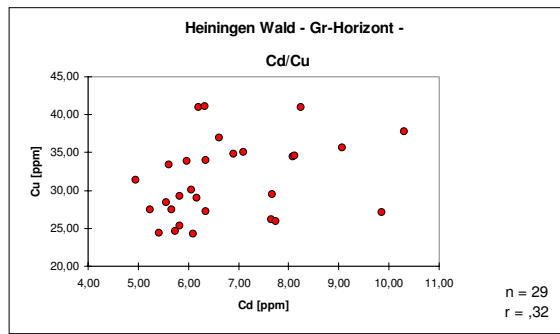


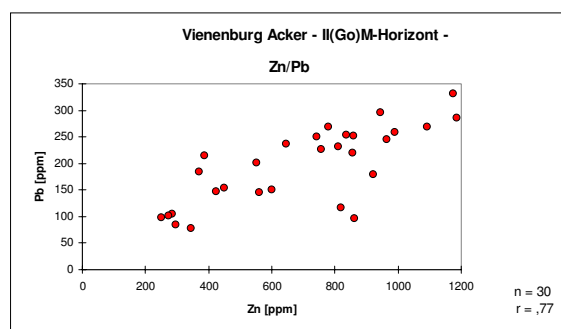
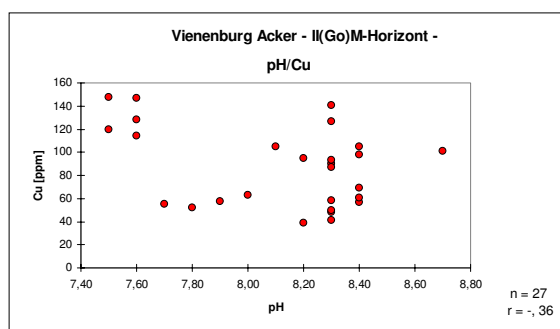
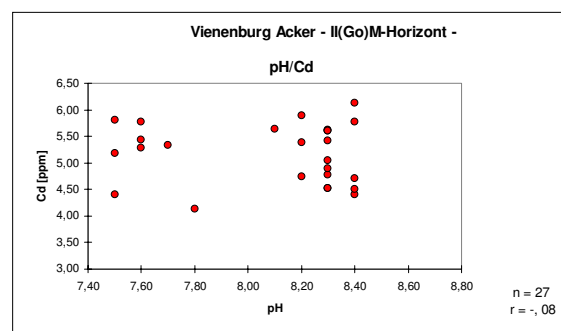
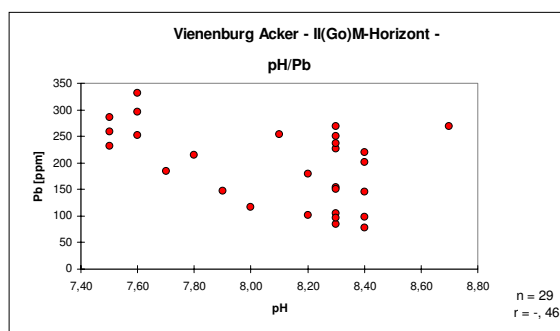
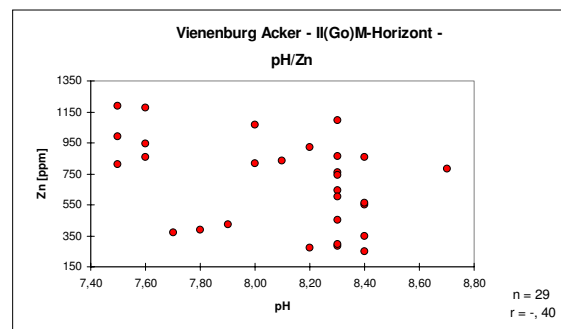
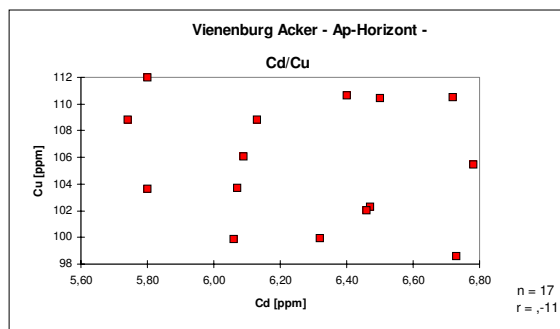
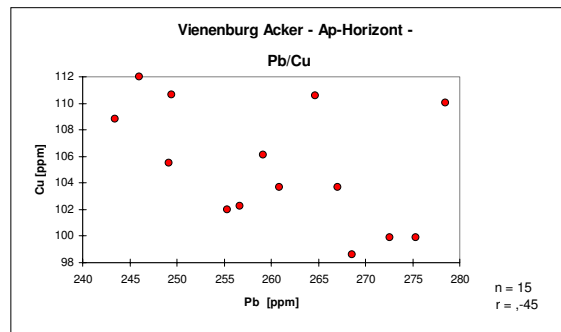
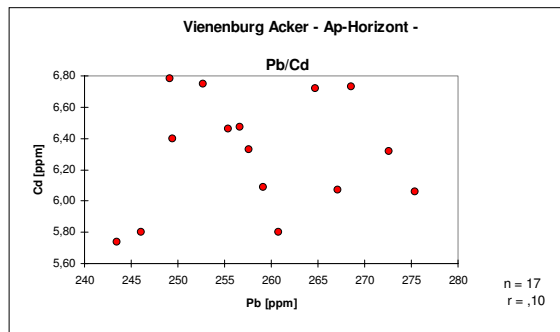


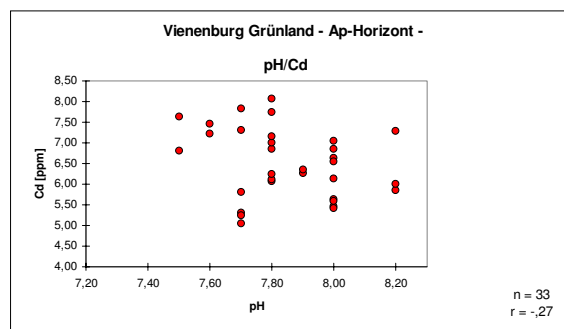
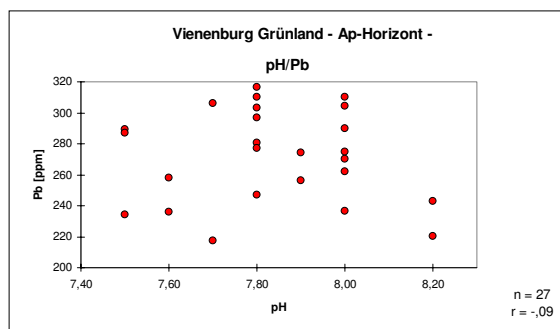
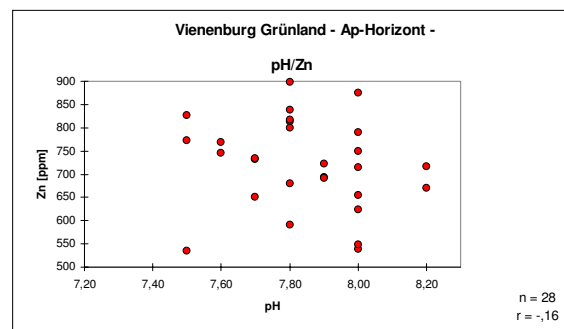
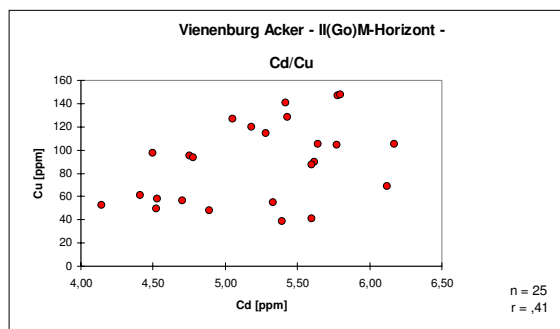
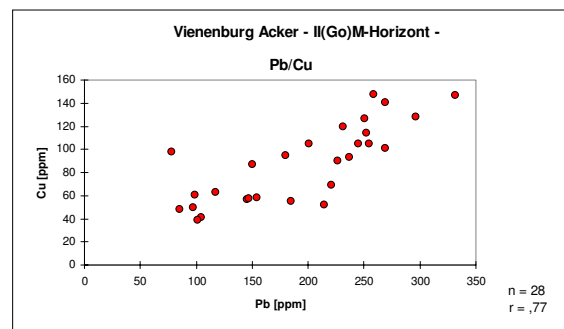
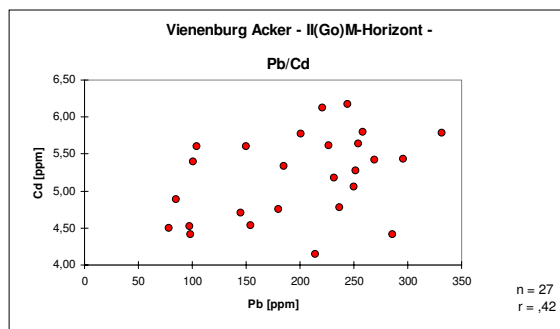
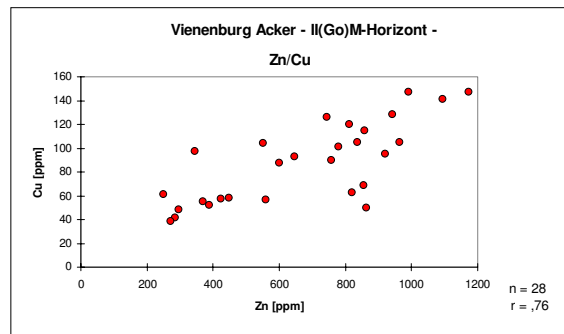
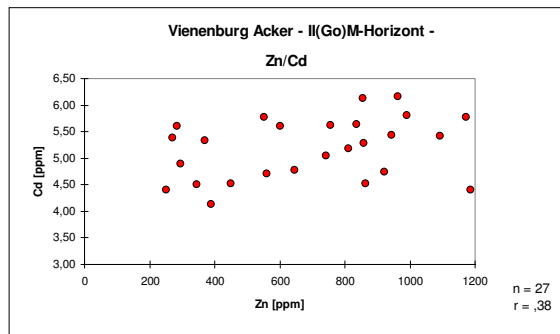


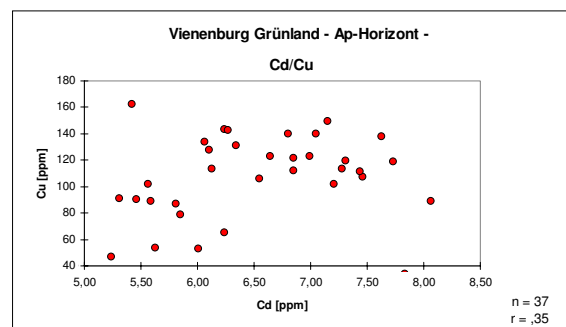
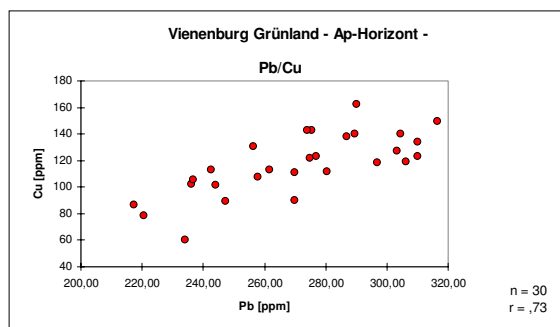
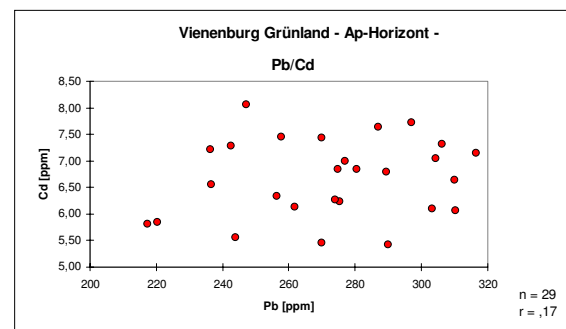
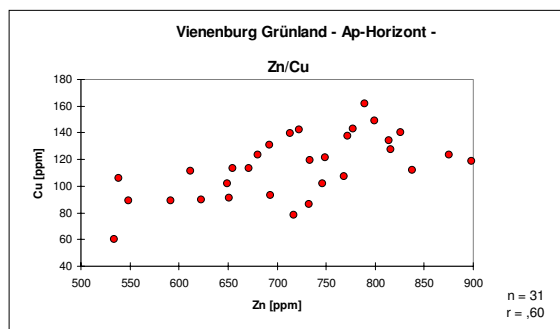
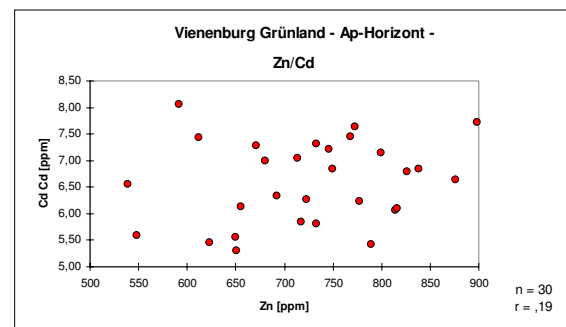
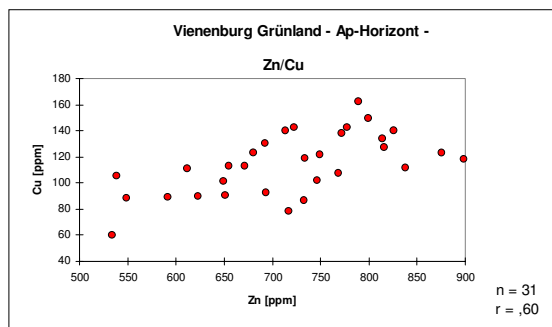
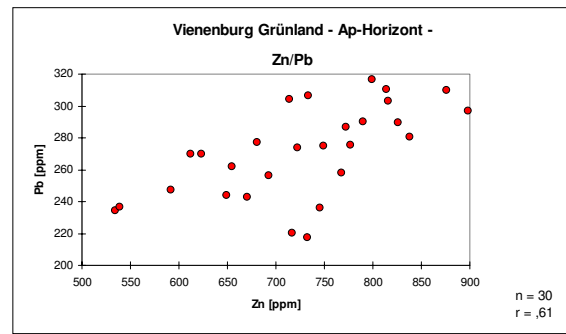
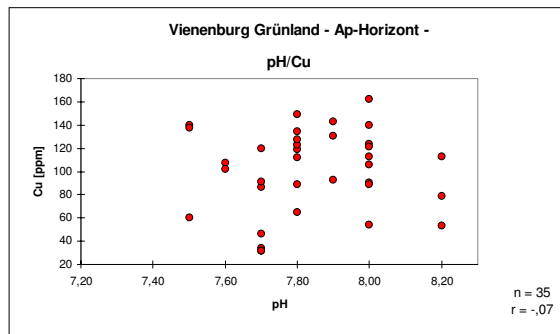


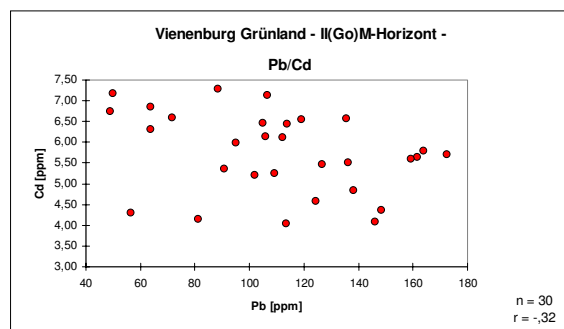
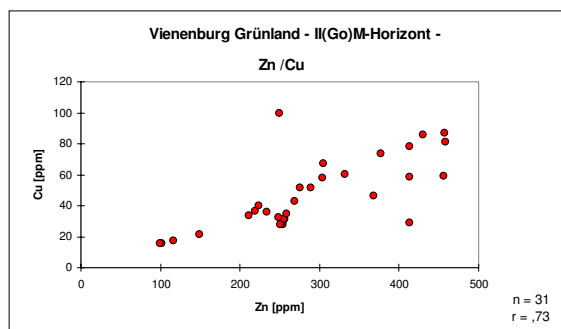
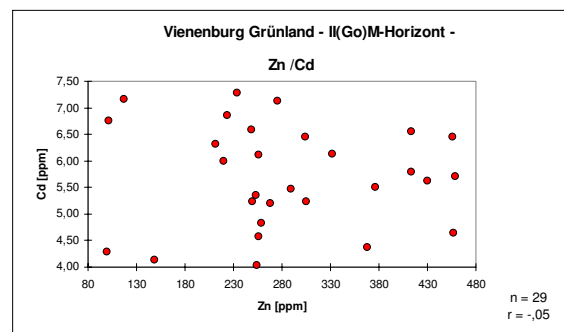
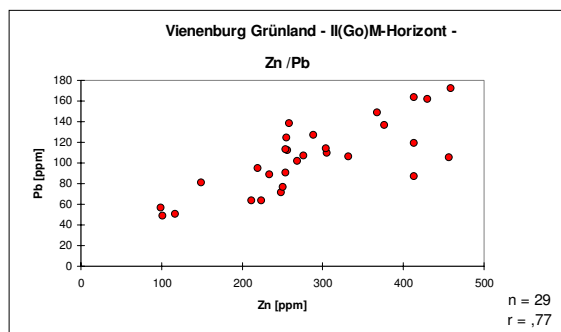
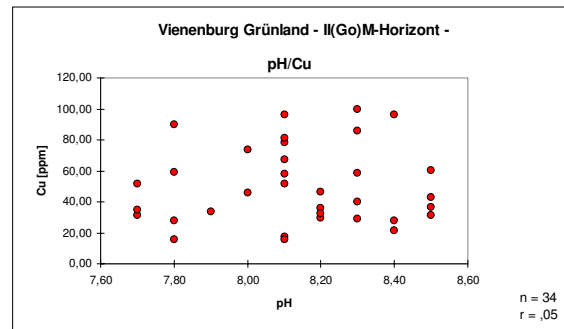
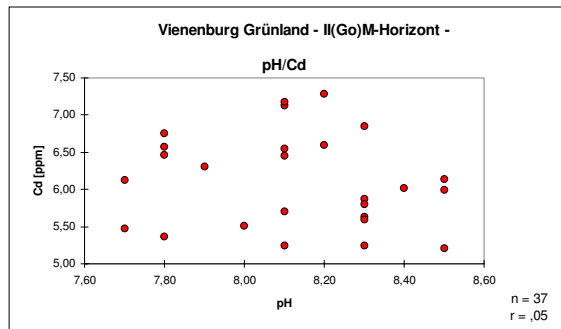
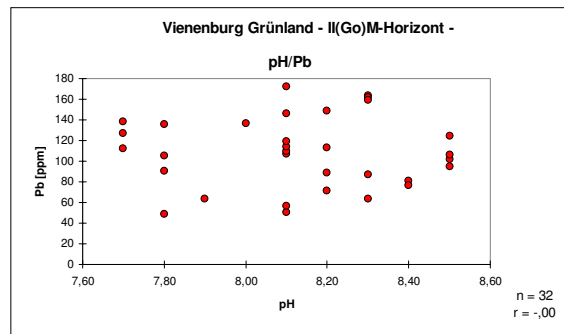
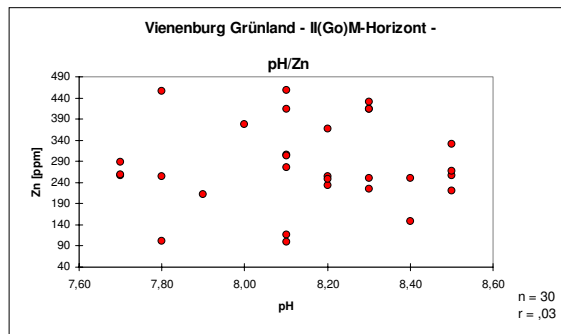


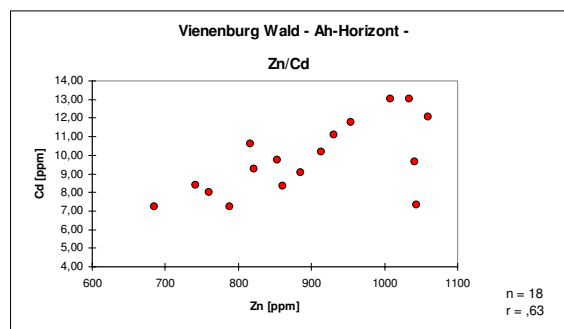
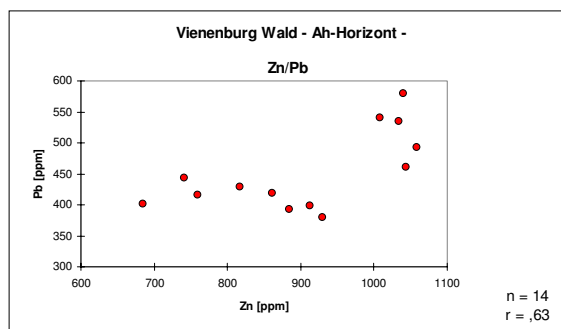
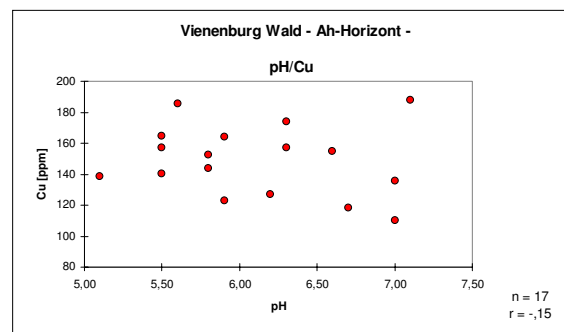
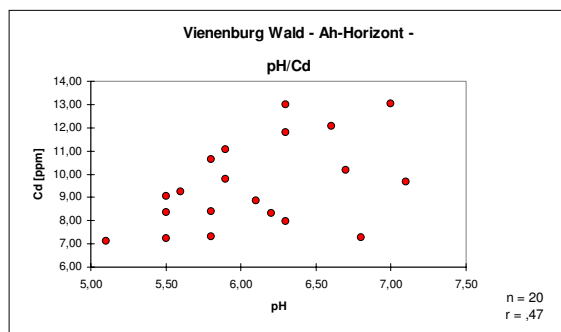
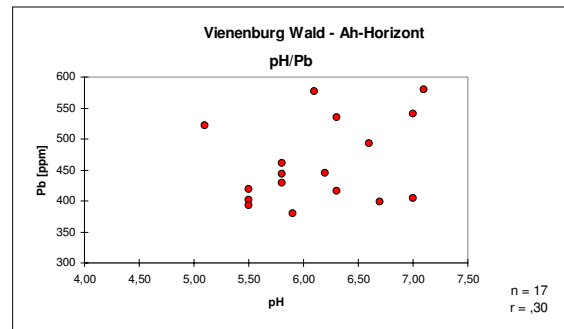
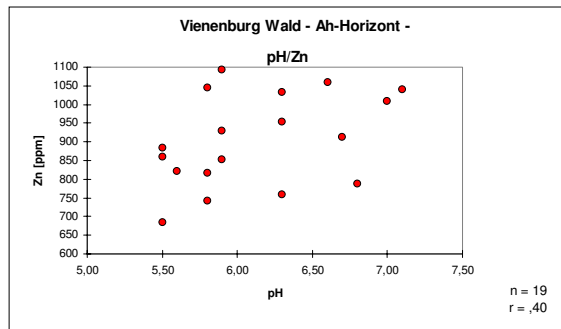
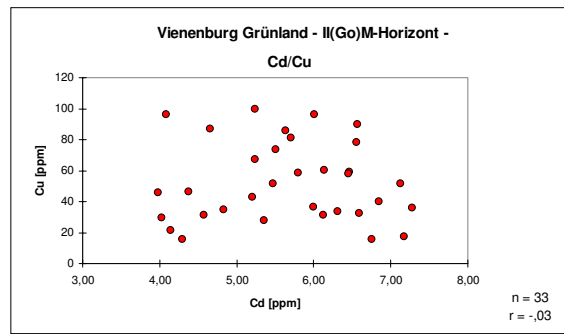
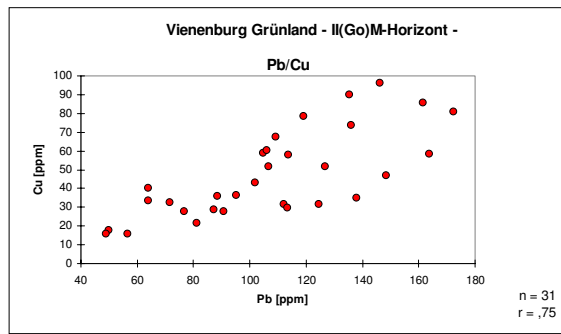


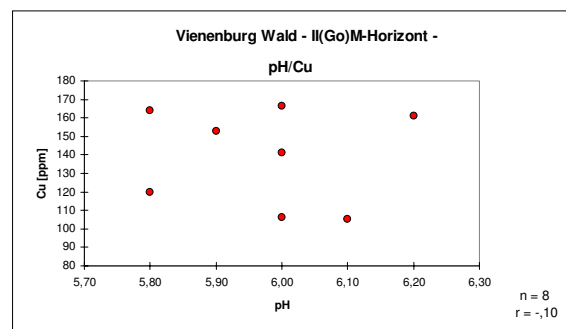
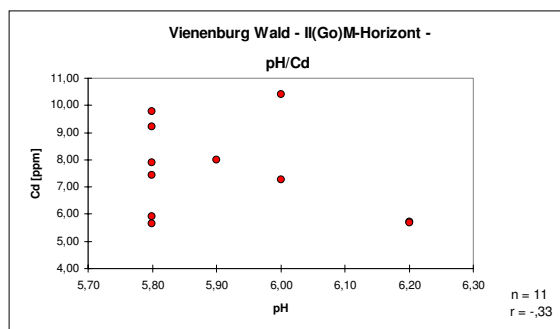
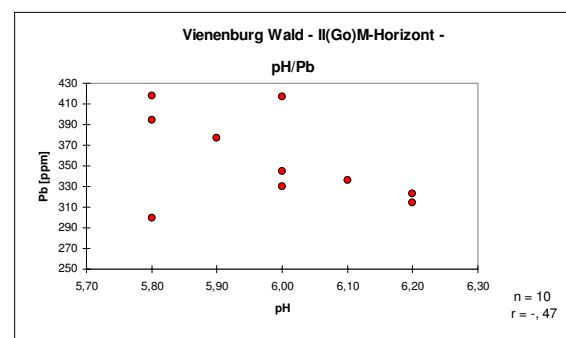
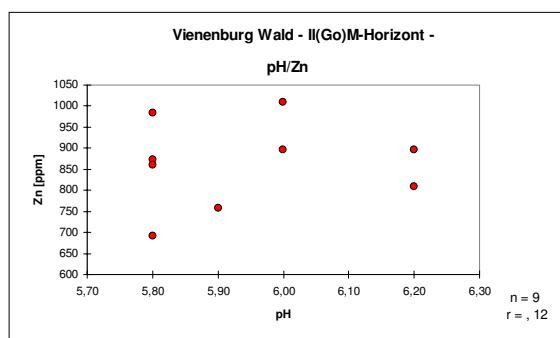
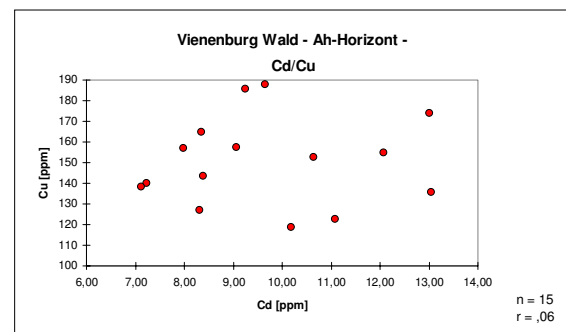
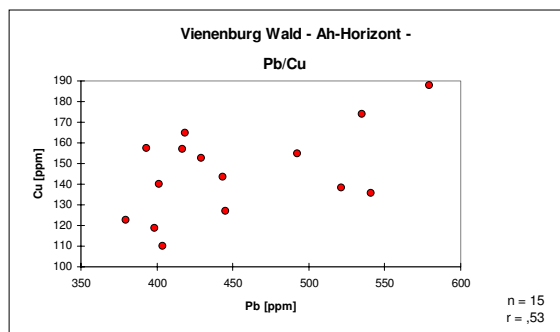
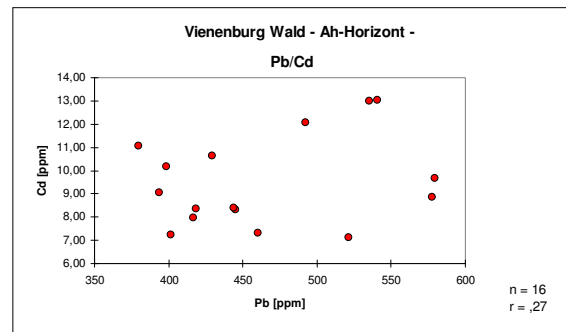
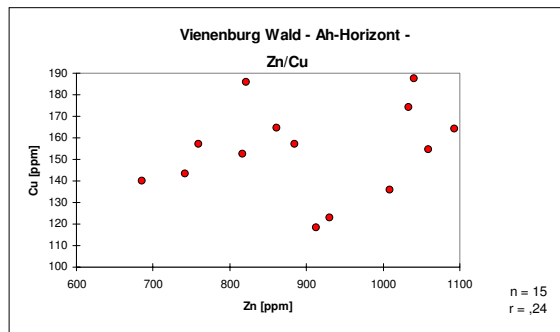


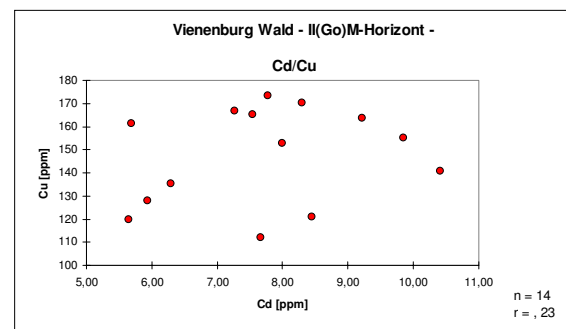
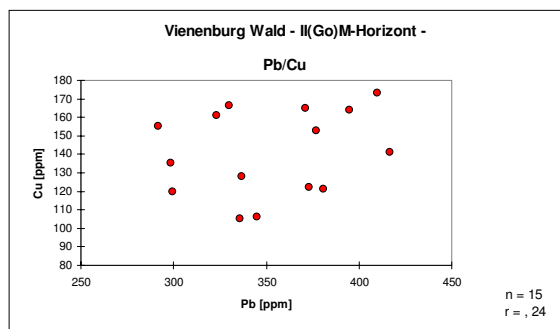
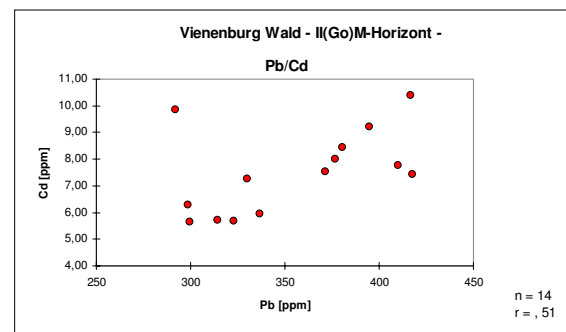
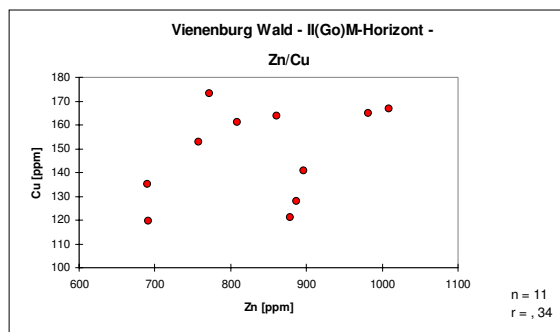
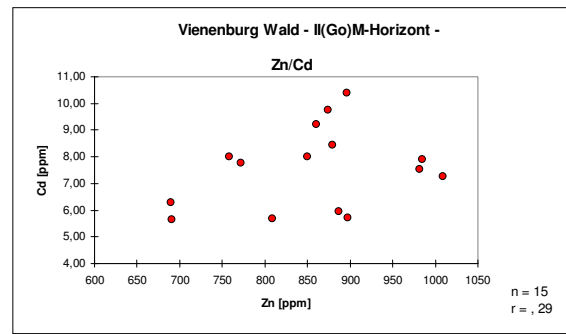
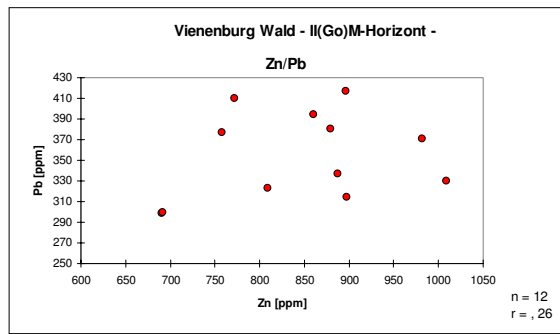




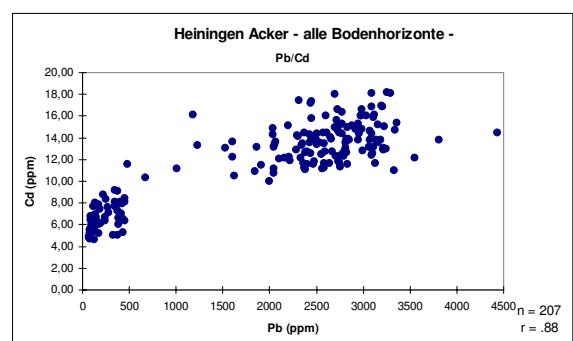
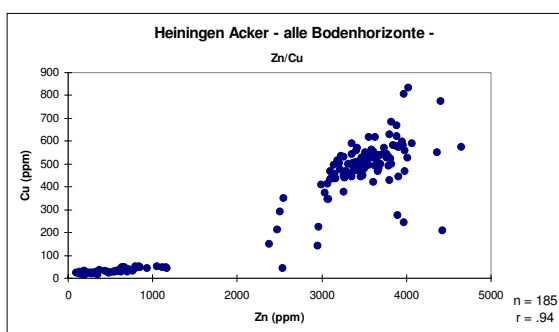
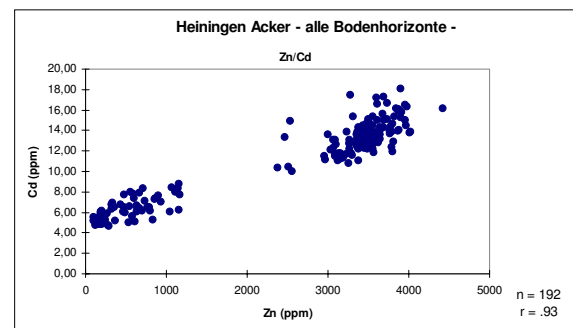
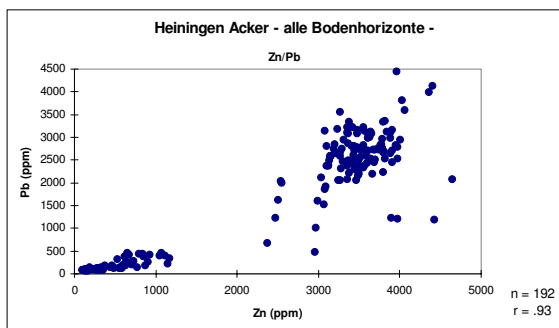
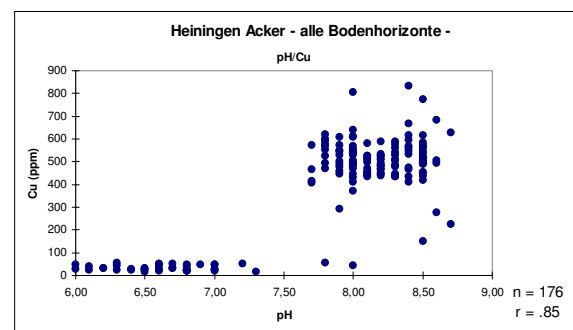
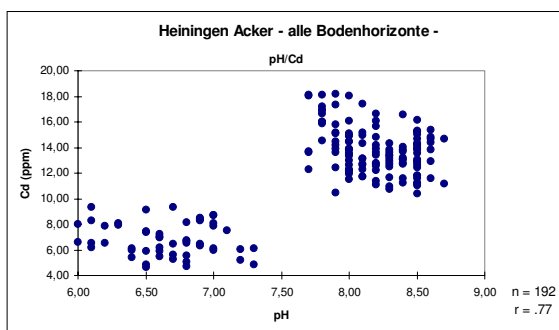
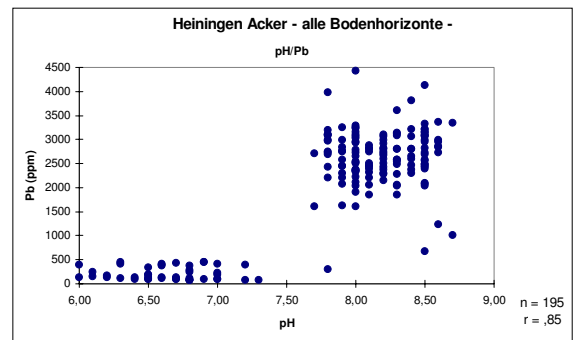
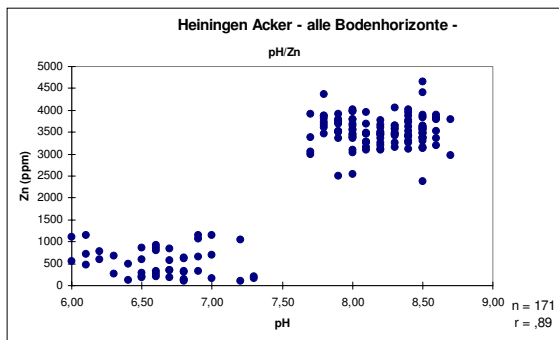


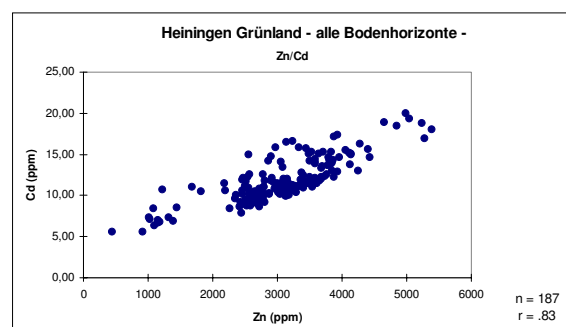
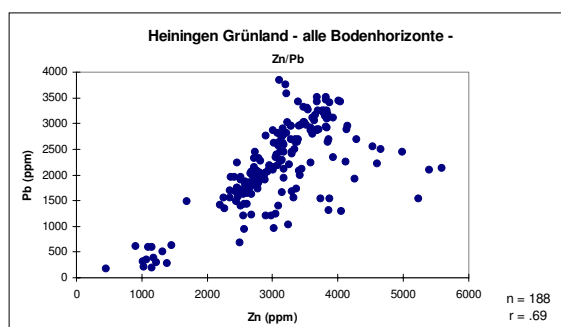
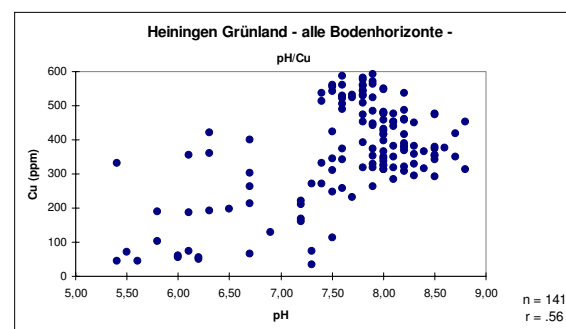
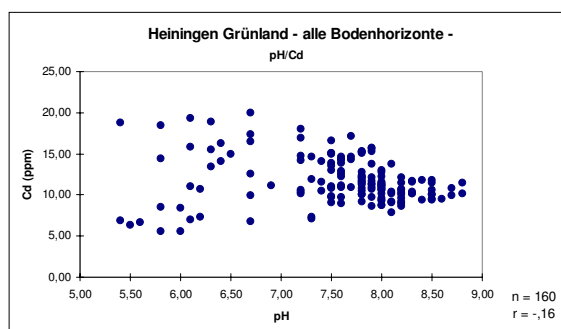
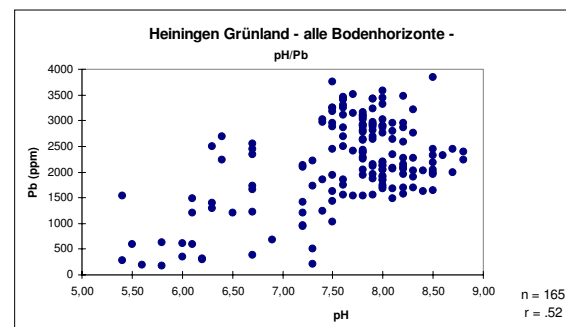
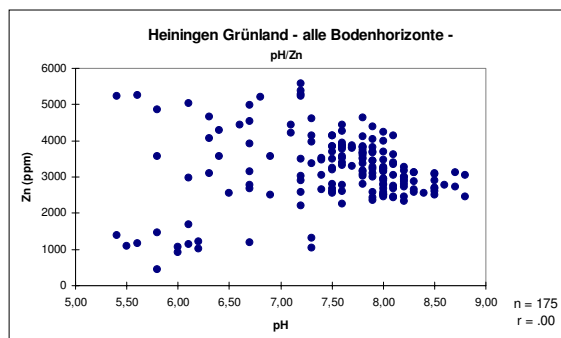
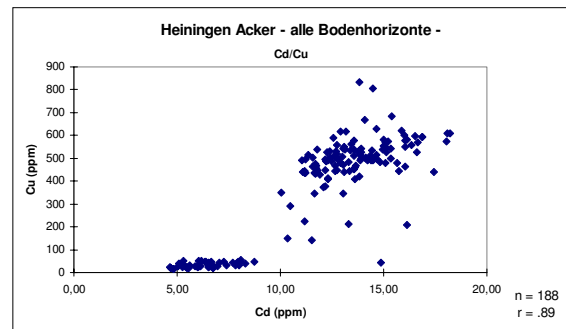
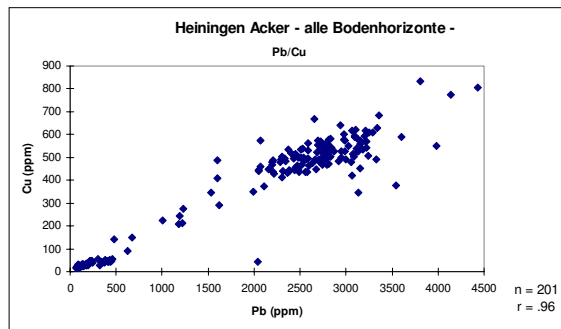


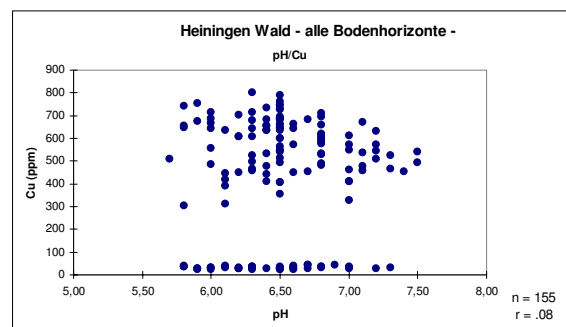
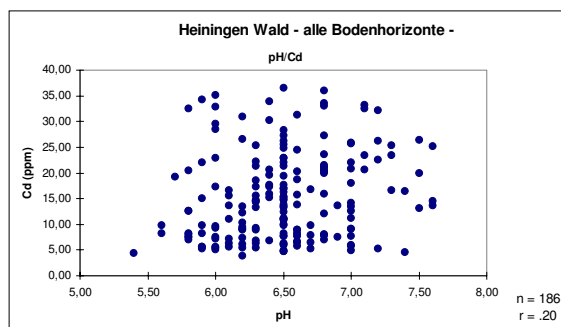
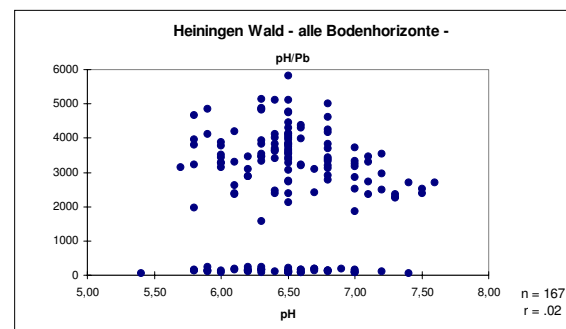
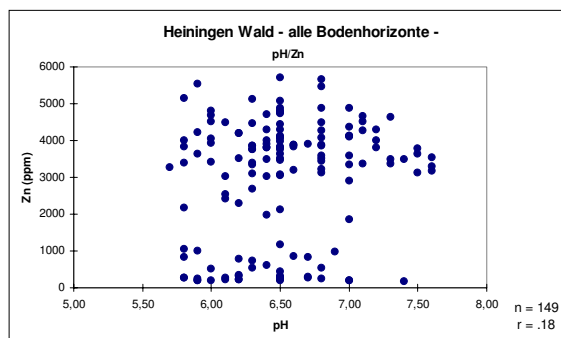
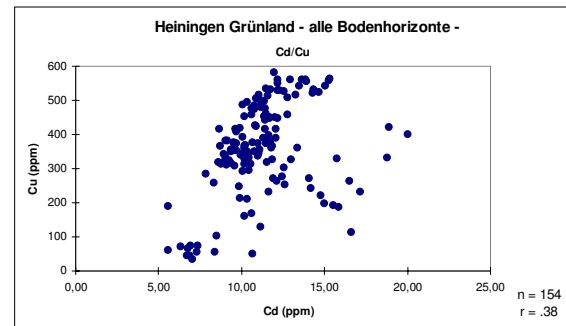
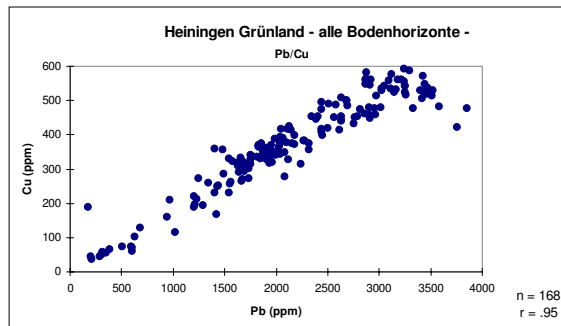
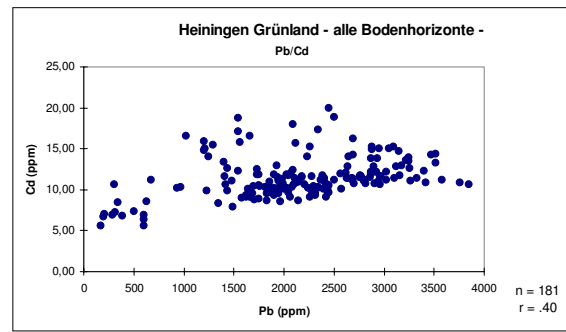
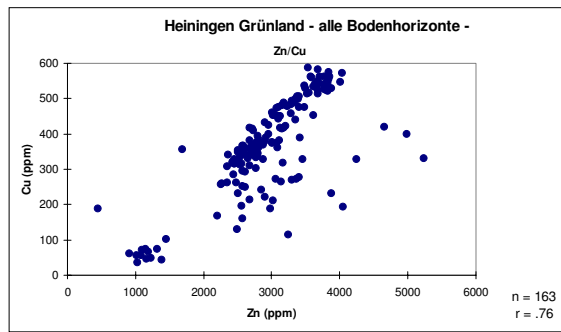


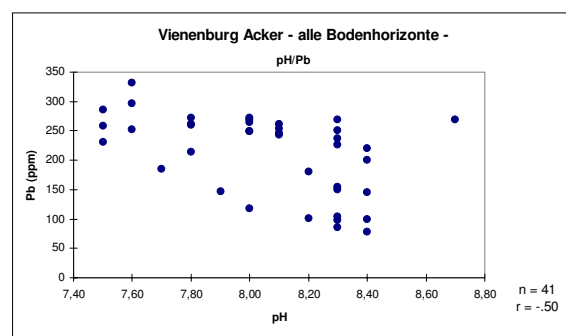
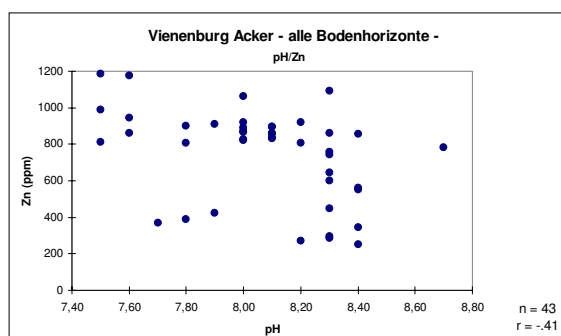
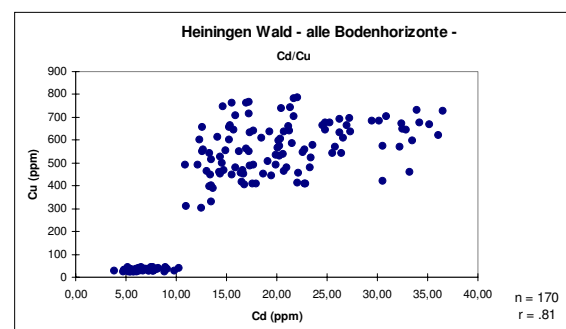
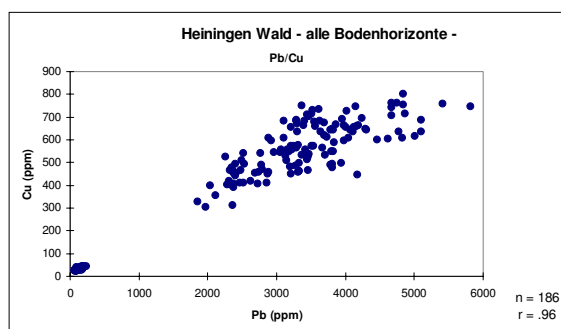
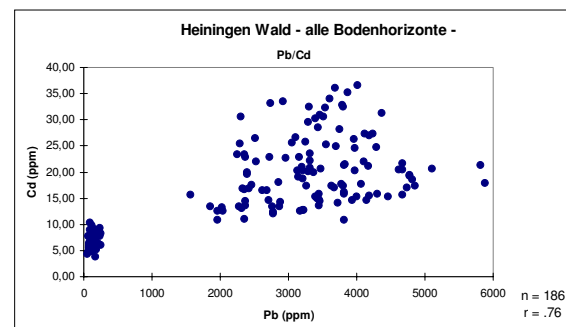
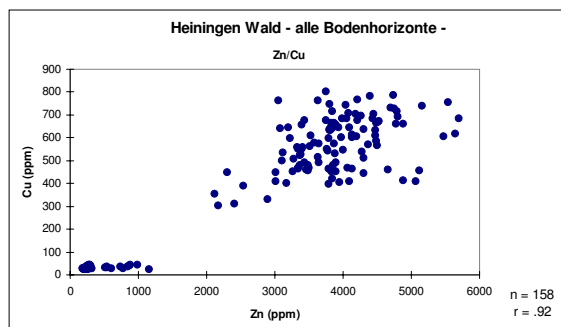
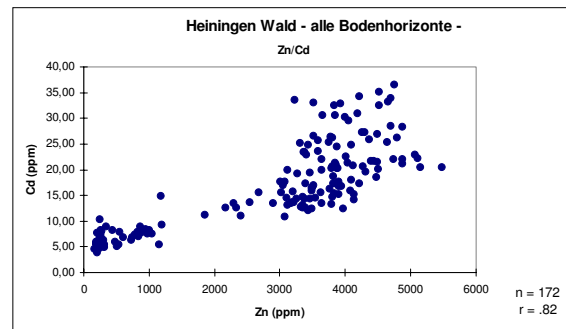
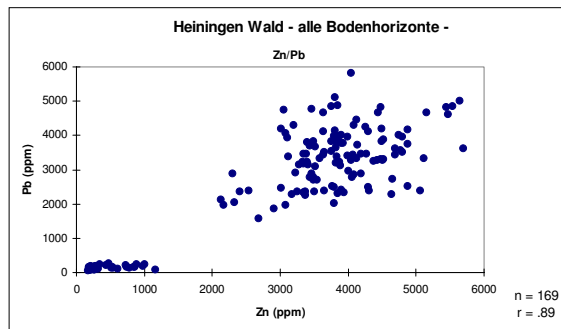


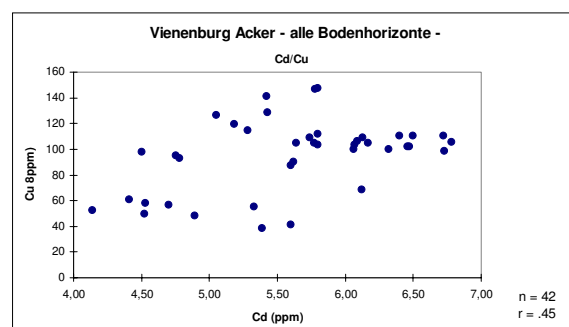
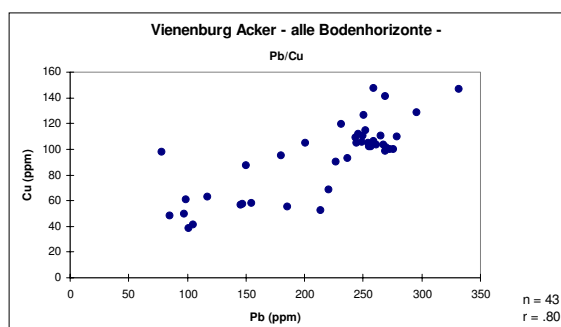
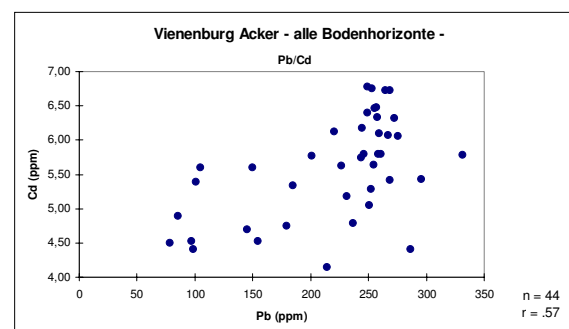
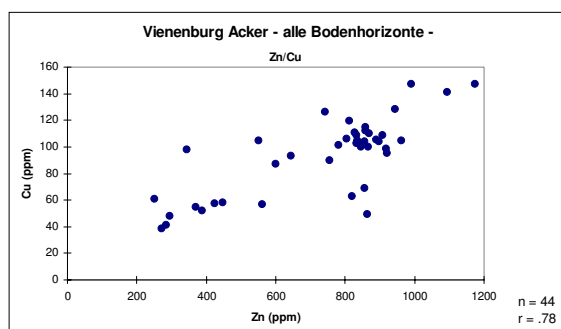
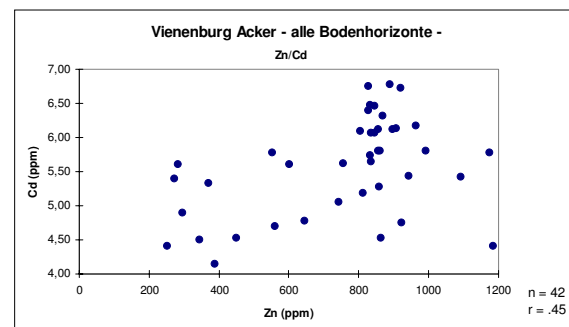
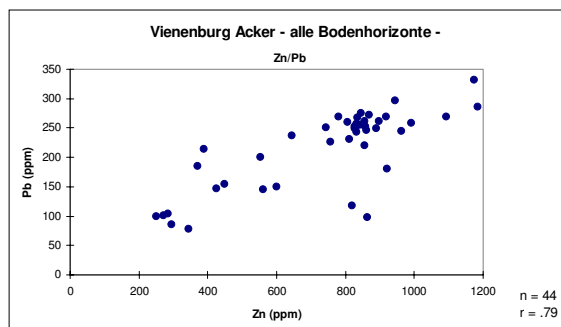
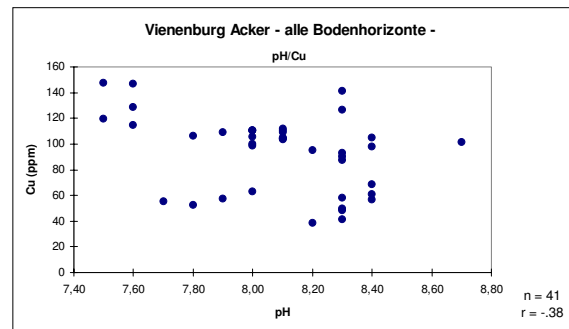
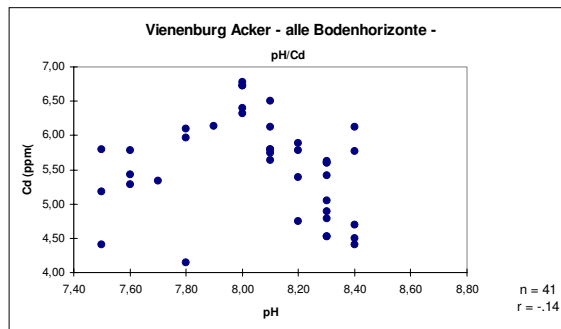
A.7.2 Scattergrams Gesamtproben Teufe

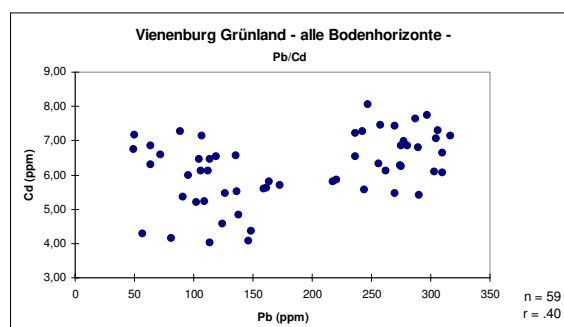
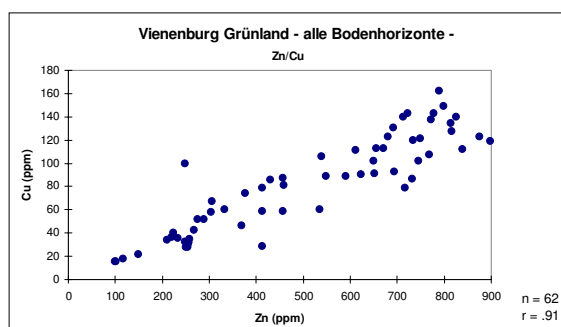
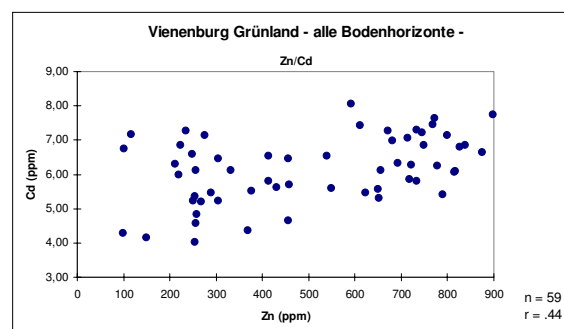
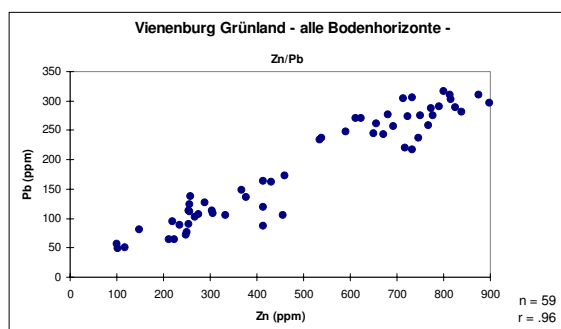
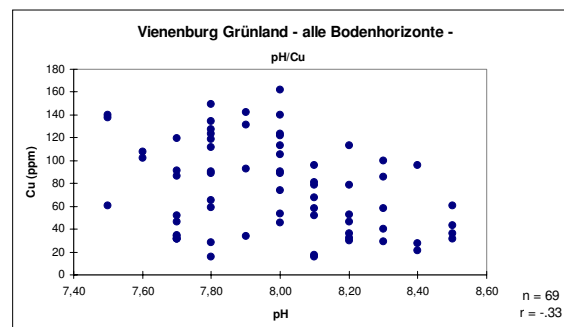
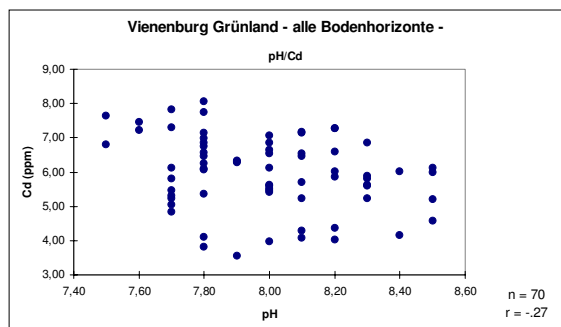
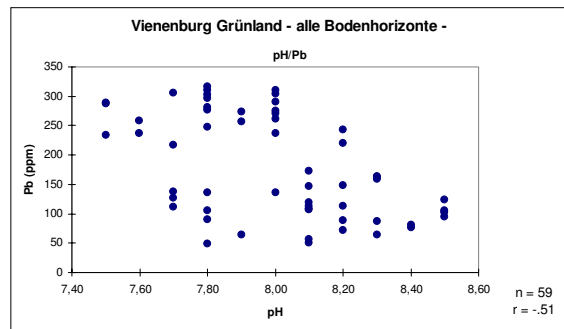
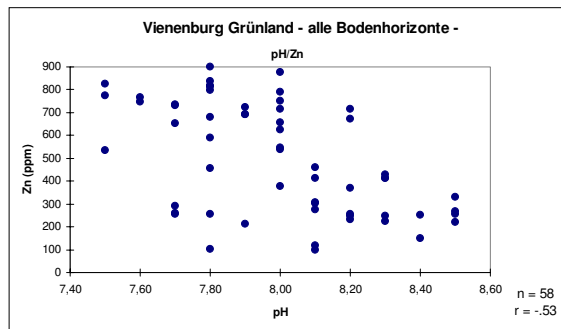


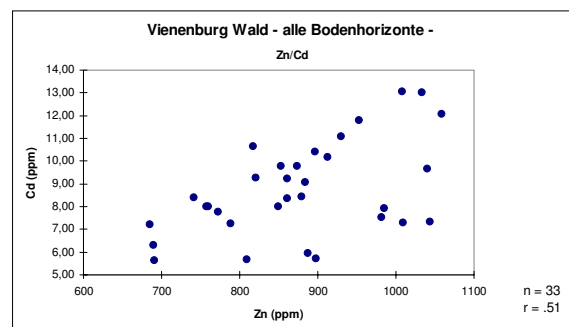
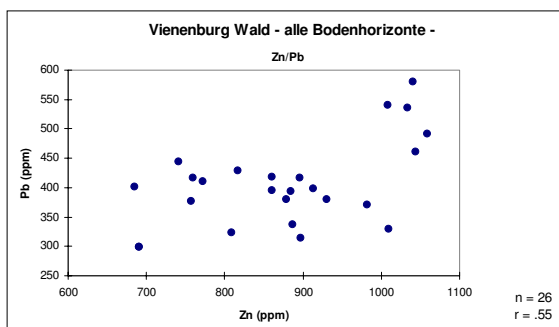
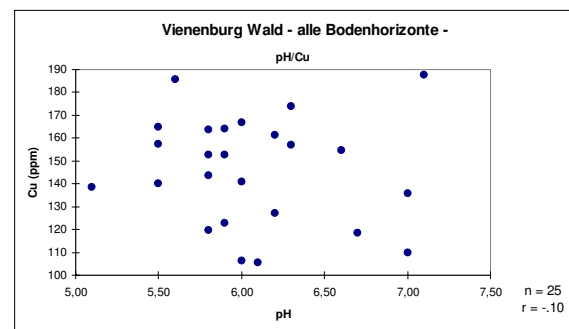
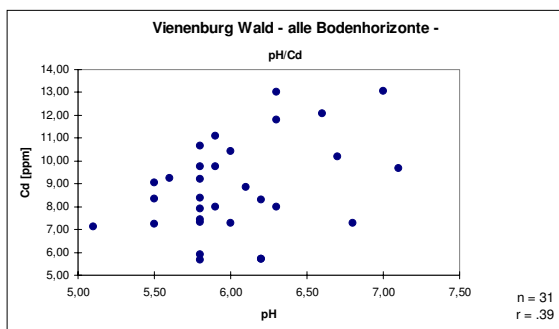
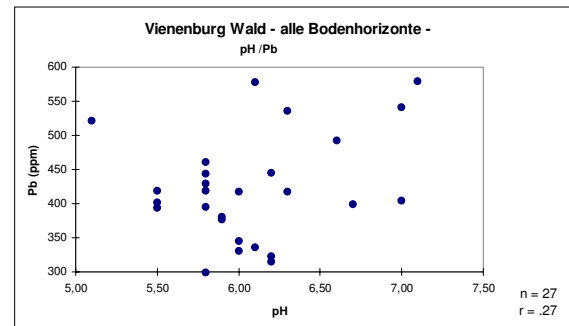
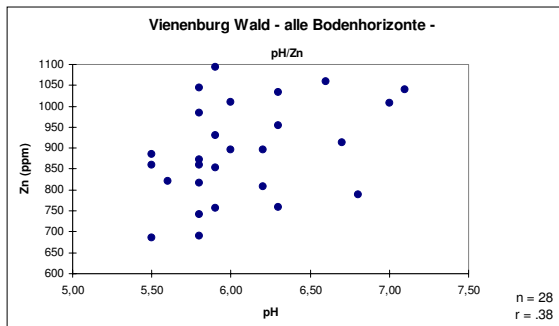
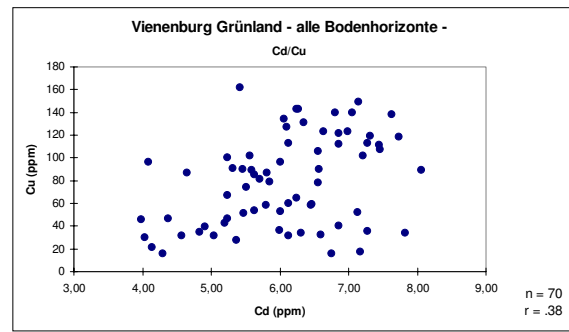
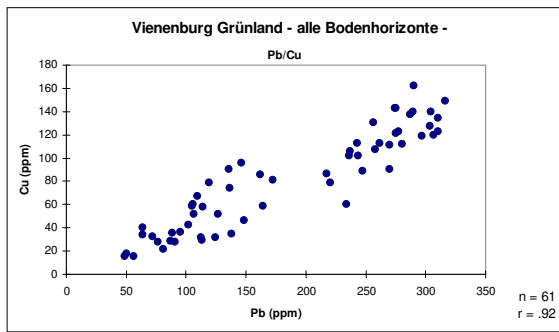


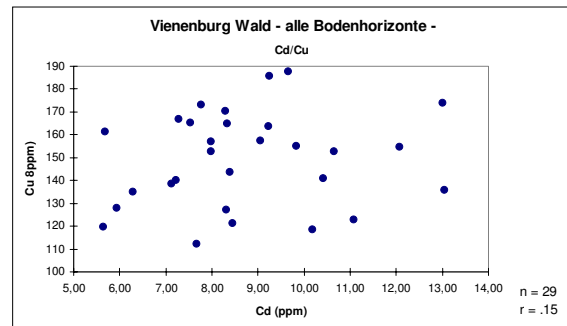
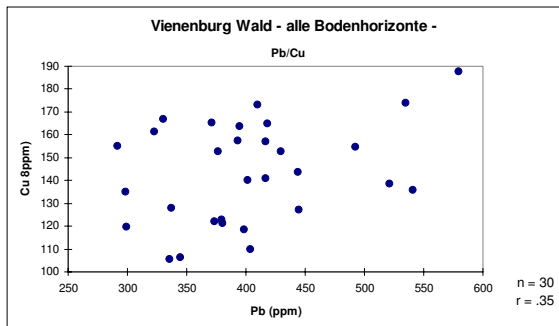
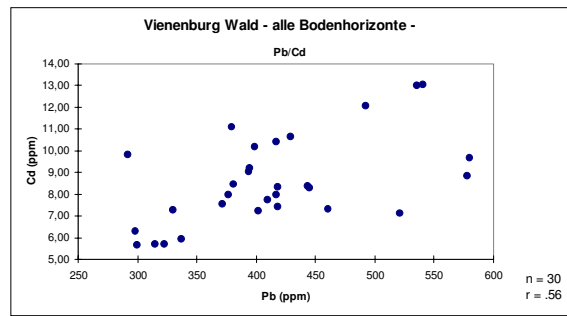
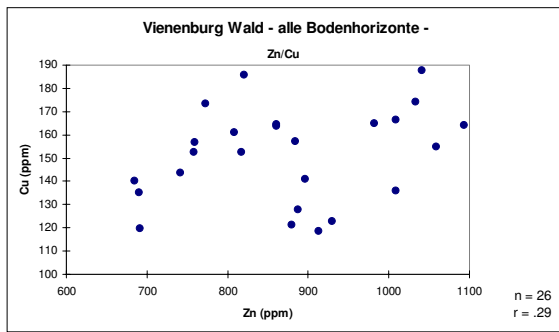












B Ausgewählte Proben

B.1 Meßwerte ausgewählte Proben

B.1.1 Feinsandfraktion

UG	Bez	Bhz	pH	Zn	Pb	Cu	Cd	Ni	Co	Fe	Mg	Ca	Mn	Na	Al	K	Cr	V	C _{org}	C
				[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]
HA	381	A _p	7,80	3257,11	2301,33	397,11	15,56	30,48	26,05	35049,65	3966,66	5706,71	1216,11	291,07	13672,35	2184,07	28,60	31,59	0,78	0,08
HA	382	G _o	8,10	3434,47	2486,42	500,19	15,52	36,33	24,22	32437,22	4360,26	12671,20	1213,90	426,12	17965,74	3296,77	0,62	0,81	1,96	0,20
HA	383	G _{ro}	8,20	2865,19	1953,65	381,26	13,18	33,47	20,54	26987,42	3802,12	9948,96	1036,71	376,69	15441,48	2694,70	33,81	43,94	1,13	0,12
HA	385	G _{or}	6,10	1156,54	618,01	57,37	6,89	26,30	11,34	19034,97	3161,22	2509,63	338,09	419,68	14587,22	2484,82	27,17	31,54	0,59	0,02
HA	386	G _r	5,80	402,35	150,72	23,23	8,21	44,54	20,40	21528,02	4025,14	3950,72	591,09	472,66	26819,06	2558,32	41,38	45,28	1,09	0,03
HA	611	A _p	8,00	4857,25	3824,07	698,29	16,18	43,20	27,66	37309,54	5257,44	12527,08	1650,97	190,76	19289,48	2206,10	37,02	46,67	3,09	0,18
HA	612	G _o	8,12	5922,74	4013,58	749,47	21,65	40,96	45,33	39862,94	4768,98	8426,72	4153,52	193,24	17882,40	1947,70	34,69	39,23	2,16	0,09
HA	613	G _{ro}	7,30	3108,43	2093,77	387,16	28,06	46,09	67,96	53606,40	5138,81	5605,78	8569,82	190,78	20562,23	2065,45	38,18	40,96	1,69	0,03
HA	614	G _{or}	6,80	1317,12	170,04	31,14	6,84	29,90	14,64	30779,39	3679,33	3852,46	527,46	188,72	21983,87	1250,77	34,09	38,72	0,71	0,03
HA	615	G _r	6,50	299,22	129,83	36,45	5,44	48,60	15,88	43919,39	3815,06	4957,29	460,66	165,18	25783,89	1406,76	40,44	41,98	0,25	0,02
HA	861	A _p	8,30	3359,56	2922,67	506,64	12,80	38,15	20,27	31873,64	4397,96	9791,80	1076,64	389,58	18427,14	2777,94	36,72	44,85	2,45	0,12
HA	862	G _o	8,50	4142,28	3312,74	652,63	15,08	39,48	30,22	38413,83	5048,22	6477,64	1370,95	379,77	21909,69	3284,07	40,12	42,88	1,71	0,04
HA	863	G _{or}	7,90	2780,70	1752,08	321,13	12,60	30,74	20,01	27545,02	3866,85	4827,39	1827,29	311,91	16989,31	2636,94	32,26	35,02	1,59	0,04
HA	864	G _{or}	7,70	1351,99	384,32	44,90	9,30	32,08	12,73	28834,11	4006,47	3992,82	1293,06	362,65	23189,92	2553,67	38,25	41,81	0,60	0,03
HA	865	G _r	6,30	337,23	147,31	19,69	6,63	33,38	23,03	19645,99	3500,98	3875,31	662,43	400,97	25786,65	3284,07	42,94	36,73	0,27	0,02
HA	941	A _p	8,40	3506,31	3147,05	607,99	14,55	34,29	19,90	32662,18	4124,83	9575,96	1024,24	426,16	17304,86	2747,58	37,28	43,86	2,59	0,11
HA	942	G _o	8,40	3673,05	3951,05	799,79	14,04	33,07	21,46	34165,85	4131,92	5609,45	759,44	412,11	15537,54	2315,30	29,52	33,31	1,77	0,04
HA	943	G _{ro}	7,90	3733,84	2737,68	478,55	17,06	38,99	24,75	35404,66	4715,95	7279,60	953,82	476,48	20435,22	2721,18	34,22	41,43	2,00	0,07
HA	944	G _{or}	7,00	1124,53	216,04	39,89	8,56	28,88	21,74	28243,87	3726,90	3216,66	586,80	473,95	21086,17	1941,76	36,91	37,76	0,40	0,03
HA	945	G _r	6,50	262,85	103,16	29,56	6,70	47,85	13,81	31255,93	5269,02	2849,57	382,80	414,28	24755,31	2158,73	52,49	40,20	0,26	0,03
HA	961	A _p	8,50	3573,29	3265,28	646,34	14,17	36,10	20,92	33414,46	4248,82	9733,67	905,77	353,84	17892,58	2555,48	38,19	41,55	2,32	0,13
HA	962	G _o	8,50	3766,75	3129,44	721,52	14,47	33,50	24,69	35375,58	4135,14	6481,63	842,45	353,85	16947,59	2257,23	31,98	35,03	1,67	0,04
HA	963	G _{or}	7,70	3266,88	1434,23	489,92	16,52	30,65	46,92	33807,96	3832,85	4091,20	2498,51	403,86	17105,70	2130,53	30,58	30,59	1,02	0,03
HA	964	G _r	6,50	702,70	213,61	29,55	8,32	35,73	16,15	29402,50	4340,66	3049,99	392,23	457,55	22480,26	2293,75	37,85	44,02	0,56	0,03
HA	965	G _r	6,60	389,02	176,91	34,03	7,91	45,61	16,36	30890,96	5155,83	2818,05	536,11	357,78	24463,10	2295,94	49,43	44,20	0,47	0,03
HA	1011	A _p	8,40	3626,05	3523,99	555,53	17,48	41,39	30,58	32718,92	4508,15	13360,67	1837,22	471,43	17351,93	2495,27	34,86	44,74	2,62	0,25
HA	1012	G _o	8,50	4343,41	3465,22	667,81	25,16	46,74	11,421	43955,61	5163,55	9791,45	3786,72	367,10	19306,03	2529,37	35,98	45,16	2,22	0,11
HA	1013	G _{ro}	8,10	2470,89	1447,04	337,52	11,27	38,38	25,72	30086,77	4907,65	5281,68	1605,84	363,49	25885,54	2422,63	40,33	47,53	1,18	0,04
HA	1015	G _{or}	7,20	240,71	100,21	23,22	7,08	36,94	11,06	26474,27	3599,17	3886,72	432,21	341,79	26680,77	2524,49	42,25	45,35	2,21	0,02
HA	1016	G _r	6,90	470,97	259,55	57,94	8,43	49,58	12,99	30995,30	4951,44	4763,80	368,85	356,55	29661,07	2790,10	58,12	53,40	0,55	0,04
HG	141	A _p	8,40	3132,98	2267,61	443,52	11,27	34,05	20,45	27434,46	3854,94	6880,44	1090,42	439,71	15003,54	2273,13	33,74	51,63	2,51	0,08
HG	142	G _o	8,80	2720,25	2121,93	394,50	11,13	30,35	22,25	27192,71	3605,26	4529,80	1076,18	457,78	12892,32	2030,61	25,42	34,57	1,28	0,04
HG	143	G _{ro}	8,90	2697,34	1949,84	385,63	10,57	29,63	23,72	25986,69	3632,32	4092,61	1149,97	466,19	13200,31	2098,23	25,56	34,64	0,93	0,02
HG	144	G _{or}	9,00	2465,66	1627,98	292,58	10,00	27,39	23,77	25606,26	3535,91	4164,99	1223,13	485,39	10793,59	1891,18	23,42	30,04	0,51	0,05
HG	146	G _r	7,70	3686,96	1343,58	199,24	15,76	36,74	45,26	29061,09	5062,96	4272,25	1019,89	418,98	22567,31	3617,66	34,73	48,36	1,63	0,03
HG	281	A _p	8,00	3537,12	2892,14	522,96	12,63	37,35	20,72	29166,98	4070,94	5822,96	1169,41	453,75	15854,60	2397,42	33,60	53,96	2,33	0,08
HG	282	G _o	7,90	2673,27	2608,97	382,17	9,38	30,15	17,51	26597,14	3473,51	4824,49	692,94	243,03	12837,42	1814,80	25,54	36,37	1,23	0,06
HG	283	G _{ro}	8,20	2596,41	1982,79	383,39	9,48	33,48	17,09	28166,45	3594,85	5459,44	617,07	275,42	12811,60	1830,05	24,89	35,11	0,99	0,08
HG	284	G _{or}	7,50	2638,70	1558,98	283,37	12,92	27,07	25,36	25605,66	3135,85	2466,41	1190,73	385,33	14460,69	2250,82	26,16	33,85	0,67	0,02
HG	285	G _r	6,70	2536,53	1476,58	289,91	9,70	26,84	15,42	24645,13	3285,25	5125,74	917,00	434,53	11694,25	1959,62	23,13	30,25	0,52	0,08
HG	341	A _p	7,80	2877,87	2058,20	410,05	9,93	30,65	16,10	27047,10	3730,76	4794,01	827,68	414,76	14715,83	2312,41	31,39	42,49	1,89	0,05
HG	342	G _o	8,00	2873,94	1563,90	353,31	11,55	24,14	20,11	27111,64	3461,40	3565,01	966,47	439,92	13134,65	2088,93	28,27	30,59	0,79	0,03
HG	343	G _{ro}	8,00	2548,94	1458,20	307,06	11,43	22,70	20,82	24165,61	3284,06	3427,19	1087,96	412,98	12184,99	1945,31	23,77	29,46	0,69	0,03
HG	344	G _r	8,30	3163,07	1205,45	202,05	12,05	25,45	17,61	20572,33	3609,37	3076,17	457,61	366,30	16452,45	2282,35	32,63	33,60	0,87	0,02
HG	345	G _o	6,70	3783,69	1678,95	324,89	14,02	35,99	20,78	23210,17	4162,87	3300,00	511,53	317,34	20225,31	2662,10	39,47	41,46	0,82	0,02
HG	441	A _p	7,20	3788,78	3565,75	593,16	16,01	36,30	26,45	31538,29	4146,39	12114,27	1741,65	162,31	14304,76	1709,58	28,02	40,70	3,16	0,23
HG	442	G _o	7,80	3485,04	3043,31	600,36	12,17	29,46	22,04	32189,68	3756,10	5729,12	1343,34	97,12	11756,65	1018,75	22,04	27,55	1,68	0,05
HG	443	G _{ro}	8,10	3879,68	3200,76	539,07	13,28	32,36	27,49	34940,64	4126,08	7240,39	1649,53	110,17	13915,27	1347,14	24,31	28,82	1,67	0,08
HG	444	G _{or}	6,70	2553,89	1619,88	239,86	10,70	35,34	16,87	26969,61	3585,91	2942,14	465,04	131,85	13461,93	1488,33	20,60	24,01	0,81	0,02
HG	445	G _r	6,20	923,97	272,26	41,06	4,94	19,20	10,46	15245,74	2605,96	2023,40	255,90	116,14	9731,24	1028,18	13,74	18,39	0,39	0,02
HW	111	A _h	7,50	3966,28	2815,67	500,20	17,51	39,17	22,44	34003,68	4455,57	14872,86	1358,32	156,32	16889,45	2154,59	26,93	31,97	5,63	0,24
HW	112	G _o	7,50	5966,74	3183,65	700,42	24,05	38,90	28,49	51677,67	4875,92	13224,80	3013,37	153,18	18743,99	2218,67	27,21	35,72	1,87	0,12
HW	113	G _{ro}	7,10	6506,84	4270,48	757,96	25,61	44,79	25,88	42518,14	4546,92	8968,15	1645,6							

UG	Bez	Bhz	pH	Zn	Pb	Cu	Cd	Ni	Co	Fe	Mg	Ca	Mn	Na	Al	K	Cr	V	C _{org}	C
				[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]
HW	942	G ₀	6,30	6125,85	5196,07	928,88	40,64	61,98	67,21	72674,41	5547,07	6546,50	5303,06	494,66	25612,06	3715,51	49,23	58,62	4,49	0,07
HW	943	G _{ro}	6,10	2774,25	2480,60	320,40	16,34	37,27	26,58	34679,10	4060,83	4794,58	1431,59	349,55	21089,06	2372,23	33,08	37,65	2,48	0,03
HW	944	G _{or}	5,90	336,93	111,80	23,35	12,67	34,07	24,33	26935,35	3884,12	2384,59	632,26	362,53	17155,44	2364,77	32,91	29,89	0,34	0,02
HW	945	G _r	5,80	468,39	182,54	42,16	16,06	64,47	28,17	53161,97	7346,51	4122,01	1090,98	468,26	32460,68	4720,47	61,02	62,38	0,51	0,02
VA	131	A _p	7,30	1078,09	309,73	103,51	5,17	25,09	11,30	17732,20	3134,56	17964,44	754,95	239,61	13240,62	2295,80	20,18	20,16	2,75	0,36
VA	133	II _(Go) M	7,60	1100,90	356,79	98,97	5,90	19,87	12,13	16987,09	3005,98	15034,87	700,87	254,09	13488,09	1998,12	19,12	22,76	2,56	0,35
VA	141	A _p	7,50	829,68	259,86	94,64	8,17	25,51	11,42	17328,26	3250,55	13428,63	564,53	525,61	16471,91	3039,96	26,71	24,29	1,88	0,28
VA	143	II _(Go) M	7,60	930,25	337,90	98,56	8,55	20,71	12,49	16839,98	3181,84	11427,58	525,41	589,60	16080,04	2692,85	26,97	27,38	1,44	0,20
VA	171	A _p	7,50	798,73	243,64	80,27	8,33	46,67	12,11	16322,65	3199,29	11780,74	439,52	525,72	14212,08	3858,24	28,98	26,67	2,69	0,27
VA	174	II _(Go) M	7,80	780,48	271,67	74,44	8,89	25,64	13,67	18065,68	3148,48	5555,82	370,94	519,70	16370,66	4050,55	31,87	32,12	0,94	0,07
VA	231	A _p	8,00	1110,55	304,63	95,76	9,79	32,97	14,76	21125,56	3621,93	15544,73	628,15	485,21	17372,35	3414,88	36,78	35,78	2,31	0,34
VA	233	II _(Go) M	8,30	783,66	241,98	81,72	9,40	30,83	13,90	17364,55	3368,75	6638,09	332,65	435,02	16577,22	2032,30	30,03	27,01	0,91	0,07
VA	411	A _p	7,80	1089,10	331,93	132,86	7,72	27,37	12,85	16358,62	2840,77	7055,91	472,97	425,15	13842,81	2510,77	30,25	28,56	1,89	0,10
VA	413	II _(Go) M	8,00	1388,78	281,66	206,60	5,14	25,61	12,96	19241,47	3197,75	5913,97	548,04	409,22	16701,83	2293,95	35,09	34,38	0,94	0,02
VA	471	A _p	8,10	693,05	216,54	71,57	9,54	29,45	13,41	18894,03	3430,01	25553,38	475,14	438,93	17087,24	3098,34	38,70	35,54	2,38	0,69
VA	473	II _(Go) M	8,40	456,47	146,77	52,57	4,12	42,54	12,85	24499,30	4001,33	6735,26	376,96	495,04	24173,48	2788,24	44,26	46,46	0,97	0,06
VG	121	A _p	7,90	747,54	209,84	85,29	5,21	14,61	8,21	17636,71	2839,46	13338,94	930,04	193,03	12300,71	1425,72	33,61	52,38	2,26	0,26
VG	123	II _(Go) M	7,90	268,54	162,46	28,71	3,93	31,63	9,29	23785,41	3780,44	4767,99	875,83	246,55	19093,25	1545,72	41,07	37,00	0,71	0,02
VG	371	A _p	7,50	828,03	262,73	123,72	8,75	22,76	9,72	18226,83	3012,26	6994,72	672,81	411,80	16261,69	2103,07	39,84	58,75	2,90	0,08
VG	373	II _(Go) M	8,10	407,96	150,58	65,58	7,05	36,90	14,09	20038,33	2945,41	3819,68	484,16	379,27	14823,43	1689,92	49,72	37,89	0,56	0,02
VG	441	A _p	8,30	718,42	246,80	108,86	9,25	24,68	8,59	20064,88	3319,69	9877,28	581,57	412,76	18448,45	1972,18	41,00	52,46	1,82	0,15
VG	443	II _(Go) M	8,30	579,06	191,74	93,54	9,62	29,62	12,83	23535,35	3553,24	5551,62	668,74	333,45	19992,43	1868,51	40,00	37,46	0,73	0,04
VG	551	A _p	8,00	607,17	216,28	95,11	8,51	27,66	21,87	21664,21	3296,63	7225,88	591,34	528,45	18050,19	2455,93	36,28	44,78	2,37	0,08
VG	553	II _(Go) M	8,10	460,41	130,33	69,03	8,71	30,47	12,61	23541,85	3524,07	4506,35	762,64	393,50	21106,64	2196,74	44,79	44,31	0,62	0,02
VG	571	A _p	8,00	578,54	254,88	79,75	8,75	28,09	9,44	19145,86	3054,30	7752,71	589,61	352,86	16441,39	1984,80	35,70	39,97	1,67	0,12
VG	573	II _(Go) M	8,50	472,53	144,50	63,55	9,74	28,24	12,73	23745,99	3812,76	5581,88	611,28	598,83	22942,26	2825,03	44,64	44,78	0,63	0,03
VG	581	A _p	7,80	637,20	324,21	85,41	4,68	21,17	5,85	18924,52	2881,17	8065,04	745,61	110,10	11287,41	1137,32	29,95	39,43	-1,00	-1,00
VG	583	II _(Go) M	8,10	586,35	163,00	67,84	9,56	11,28	11,77	18315,11	2136,84	4704,60	737,73	146,54	9180,33	830,23	18,57	19,94	1,24	0,14
VW	221	A _h	6,60	1238,11	654,90	182,62	12,00	34,27	20,56	27574,34	4763,57	7278,02	1826,05	331,83	19020,53	1643,85	41,75	39,55	5,64	0,09
VW	222	II _(Go) M	6,70	1053,20	467,09	139,60	6,65	33,95	21,65	30492,40	5186,24	5153,47	1748,38	354,18	19558,99	1736,13	46,14	40,51	2,60	0,03
VW	411	A _h	5,80	883,40	434,69	163,35	6,03	26,31	15,49	28651,20	4834,32	4568,49	1183,69	214,74	18438,72	1314,90	37,47	28,86	9,26	0,01
VW	412	II _(Go) M	5,90	952,89	398,76	187,98	4,87	28,76	14,98	32129,70	5789,45	4132,38	1243,67	246,09	20764,74	15879,09	43,74	35,99	5,79	0,01
VW	531	A _h	5,60	1104,97	907,91	210,11	9,72	15,40	11,53	19667,68	2848,09	5839,91	817,91	355,39	11863,94	1018,64	22,21	21,30	8,48	0,06
VW	532	II _(Go) M	5,80	1441,86	939,74	360,47	7,53	22,24	23,21	32427,47	4529,39	2779,56	971,94	219,40	18930,86	1398,51	39,86	32,58	1,42	0,02
VW	621	A _h	6,20	870,67	626,34	137,85	7,68	20,19	15,54	27625,59	3345,53	4312,73	1165,43	213,43	15778,72	1282,84	34,21	31,39	2,82	0,04
VW	622	II _(Go) M	6,50	1309,88	529,06	191,16	5,04	25,35	20,92	31154,33	4390,64	4892,50	1328,11	240,22	17178,83	977,87	39,15	31,46	1,46	0,01

B.1.2 Tonfraktion

UG	Bez	Bhz	pH	Zn	Pb	Cu	Cd	Ni	Co	Fe	Mg	Ca	Mn	Na	Al	K	Cr	V	C _{org}	C
				[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]
HA	381	A _p	7,80	7048,86	4571,88	829,02	25,79	40,71	38,14	66033,86	6659,32	12544,94	1443,50	473,84	27699,96	4377,17	42,83	52,26	3,78	0,40
HA	382	G ₀	8,10	7344,86	4773,18	1004,24	23,58	48,01	34,30	67929,25	7758,81	15803,67	1413,71	467,93	40446,86	6979,22	58,23	73,61	3,49	0,07
HA	383	G _{ro}	8,20	5695,65	3157,98	700,66	19,71	33,77	28,43	46065,33	6755,61	21493,30	1347,91	379,17	29578,45	5051,61	43,46	61,18	2,44	0,05
HA	385	G _{or}	6,10	2326,13	418,48	120,89	10,25	33,55	15,42	31991,39	5700,54	4445,42	603,99	514,73	29801,73	4551,05	38,94	56,94	1,45	0,03
HA	386	G _r	5,80	509,01	335,60	37,21	7,32	64,65	23,55	44408,65	8142,39	7196,98	1231,97	595,23	62937,07	5765,39	92,15	84,27	1,18	0,03
HA	611	A _p	8,00	7469,76	5465,18	826,99	23,11	71,57	36,75	52911,77	7204,03	17545,67	1632,69	471,74	39433,72	6276,23	61,38	85,06	3,72	0,22
HA	612	G ₀	8,12	9838,54	5777,97	947,50	26,35	68,90	55,77	58589,33	7274,59	11711,93	3514,89	522,65	43603,19	6833,69	66,77	82,38	2,88	0,08
HA	613	G _{ro}	7,30	8936,26	4389,02	722,08	26,44	65,53	52,71	57311,66	7564,43	6729,48	3412,94	522,35	43953,65	6027,02	62,99	72,99	1,91	0,04
HA	614	G _{or}	6,80	3251,97	692,19	148,59	13,02	47,98	24,21	49316,43	7140,71	6804,90	1096,40	487,50	55134,77	4061,27	69,81	79,96	1,03	0,03
HA	615	G _r	6,50	512,70	209,19	52,46	7,98	59,55	20,30	64245,11	5733,93	7193,80	656,55	451,93	48500,68	3749,62	71,51	75,05	0,43	0,02
HA	861	A _p	8,30	4978,78	3754,31	669,83	12,82	31,42	26,29	44927,42	6404,04	15620,56	1081,72	440,63	27502,59	4206,74	45,13	57,40	3,87	0,18
HA	862	G ₀	8,50	6329,96	4685,29	923,78	15,44	44,08	35,28	55460,15	7125,05	9159,62	1202,90	460,18	34853,57	4820,94	48,19	53,73	4,45	0,15
HA	863	G _{ro}	7,90	5426,08	3388,28	608,63	15,20	37,27	28,20	52058,26	7325,05	9544,42	2070,44	555,71	35406,65	5172,97	54,19	60,44	4,52	0,05
HA	864	G _{or}	7,70	2509,63	599,35	81,52	6,60	55,49	22,35	50533,65	6837,23	6860,37	1249,06	634,77	51790,24	5365,35	106,05	71,07	1,21	0,04
HA	865	G _r	6,30	606,16	208,15	23,86	4,43	52,46	28,40	36299,06	6746,42	6709,03	890,37	480,89	59615,47	5153,72	79,82	84,18	0,57	0,03
HA	941	A _p	8,40	5638,18	5076,87	951,43	17,98	44,41	25,24	47967,94	6637,54	15099,46	1122,93	428,03	31442,61	5508,96	56,17	65,97	3,29	0,14
HA	942	G ₀	8,40	5751,69	5661,42	1092,40	15,84	31,37	29,61	50882,95	6041,00	8217,52	775,20	457,64	23765,01	3830,41	40,71	48,54	3,08	0,05
HA	943	G _{ro}	7,90	6407,13	4447,20	742,51	20,89	50,53	32,23	56588,73	6760,52	9647,37	1199,36	450,27	42834,09	5746,29	58,71	73,80	2,29	0,05
HA	944	G _{or}	7,00	1890,00	315,30	70,39	7,52	55,28	28,85	44150,38	6610,08	5071,34	735,36	436,93	41565,68	3854,10	63,14	71,16	1,25	0,04
HA	945	G _r	6,50	394,65	176,44	45,75	4,53	64,00	19,47	47511,64	7827,80	4460,61	460,65	602,89	47009,14	4727,79	75,58	70,56	0,75	0,04
HA	961	A _p	8,50	5211,39	4022,12	717,90	18,21	32,24	22,56	41697,87	5429,60	14249,71	957,72	462,11	24717,56	3550,03	43,43	49,66	3,34	0,06
HA	962	G ₀	8,50	5291,89	4856,05	929,67	17,72	39,78	32,37	53924,61	6089,83	10162,27	964,54	473,99	28382,72	4107,44	45,12	60,14	2,08	0,04
HA	963	G _{ro}	7,70	6645,53	2680,78	730,71	19,14	52,62	41,98	52974,38	7759,79	7753,71	1797,25	486,43	45579,13	6455,17	63,20	70,36	1,63	0,04
HA	964	G _r	6,50	915,63	359,74	52,05	8,93	60,58	24,03	48795,03	8048,00	5280,30	564,58	524,25	54195,04	4929,18	79,20	83,17	1,60	0,05
HA	965	G _r	6,60	675,54	315,01	64,79	7,46	70,36	24,69	54102,71	8837,61	5333,54	903,78	518,94	54427,90	5061,50	89,90	87,11	2,84	0,04
HA	1011	A _p	8,40	6202,07	5090,52	815,95	21,43	61,20	33,97	49207,27	7076,63	21594,92	1724,82	495,45	33439,65	5084,87	54,18	74,25	4,15	0,23
HA	1012	G ₀	8,50	7533,75	6124,84	914,63	26,40	65,40	52,58	61902,58	7722,32	17248,33	1716,97	488,04	45851,70	6779,40	63,96	86,99	2,59	0,06
HA	1013	G _{ro}	8,10	5534,56	2877,47	631,05	14,52	64,13	35,37	54320,21	7838,16	9451,37	582,33	631,58	60376,54	6437,58	78,80	96,32	3,22	0,05
HA	1015	G _{or}	7,20	418,75	277,15	45,87	7,67	57,71	15,25	46047,32	6782,03	6743,67	591,52	631,31	55243,30	5734,75	71,04	81,49	0,51	0,02
HA	1016	G _r	6,90	623,70	372,52	93,32	10,84	75,07	7,83	50474,52	7382,22	7543,58	438,91	1248,69	6691,66	7236,85	100,49	97,76	1,78	0,05
HG	141	A _p	8,40	5949,38	4035,21	872,49	16,33	50,74	28,89	43489,97	6459,72	13599,31	1677,48	561,22	28743,79	4823,18	49,50	78,69	3,22	0,10
HG	142	G ₀	8,80	7248,44	4749,81	943,28	22,17	42,53	40,92	61990,17	7056,98	10929,76	1475,90	2835,31	40103,88	8158,80	67,52	69,23	3,21	0,06
HG	143	G _{ro}	8,90	6779,71	4884,51	1087,15	19,90	53,07	35,89	62353,73	6873,71	9564,85	1759,65	481,18	35382,74	5767,58	53,72	67,96	2,05	0,05
HG	144	G _{or}	9,00	7187,33	5688,02	963,90	21,83	57,80	40,45	77820,42	7184,77	10529,39	2670,38	480,42	34762,84	5612,77	52,37	66,79	1,45	0,08
HG	146	G _r	7,70	5538,66	2719,50	428,04	22,09	60,70	61,89	50016,55	7462,54	7545,82	1673,96	615,55	44255,29	6746,89	68,14	89,22	2,95	0,06
HG	281	A _p	8,00	6137,35	3993,71	875,41	18,31	62,40	18,59	43789,54	6429,19	9857,85	1103,25	1377,78	30732,36	6464,23	55,30	72,14	4,81	0,11
HG	282	G ₀	7,90	5535,18	4543,46	850,89	13,15	51,47	30,22	41338,42	5354,19	8083,11	961,32	522,43	23517,97	3581,90	47,47	53,09	3,48	0,06
HG	283	G _{ro}	8,20	5630,48	5537,99	1080,79	18,44	58,04	28,35	57634,37	6633,08	11094,87	1166,36	577,45	33126,89	5005,61	50,52	66,32	0,35	0,01
HG	284	G _{or}	6,50	6179,72	3683,68	738,85	23,71	59,38	35,93	48868,74	5781,88	5987,88	1656,97	558,85	34190,35	4954,97	51,06	62,25	-1,00	-1,00
HG	285	G _r	7,70	6601,25	4818,18	791,18	29,42	68,17	40,04	61954,91	7014,19	5767,63	1711,24	661,91	42600,25	5952,25	64,94	77,68	2,02	0,04
HG	341	A _p	7,80	6865,82	4695,79	950,61	18,01	56,44	28,64	50330,61	6949,74	9028,06	1179,01	517,86	32527,69	5092,25	54,19	72,27	8,29	0,07
HG	342	G ₀	8,00	5920,19	5462,50	984,92	18,54	50,29	39,09	58918,14	6742,15	8727,60	1876,25	543,25	32998,32	5312,51	52,65	64,17	2,84	0,05
HG	343	G _{ro}	8,00	6441,20	4993,73	947,00	17,11	49,58	35,99	60724,26	6838,88	8225,23	1951,61	404,97	36306,81	5796,68	52,68	66,96	1,90	0,05

UG	Bez	Bhz	pH	Zn	Pb	Cu	Cd	Ni	Co	Fe	Mg	Ca	Mn	Na	Al	K	Cr	V	C _{org}	C
				[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]
HG	344	G _{or}	8,30	6963,65	5054,29	857,30	22,10	54,21	47,08	61787,89	6902,46	7578,68	2056,65	534,47	36692,91	6007,48	56,24	67,17	-1,00	-1,00
HG	345	G _r	6,70	6547,98	4678,10	876,09	20,07	53,06	44,98	62783,12	6897,54	7254,99	2134,76	498,06	37875,54	6123,76	53,98	63,98	1,79	0,04
HG	441	A _p	7,20	7062,77	5833,21	807,77	25,59	64,03	39,96	50739,41	6442,64	23562,65	2031,21	539,72	34333,94	5349,69	53,53	78,11	4,65	0,22
HG	442	G _o	7,80	7582,69	6197,20	1132,33	22,08	64,89	34,19	66034,83	7160,67	11494,53	1385,46	684,42	36663,76	5193,56	58,47	69,31	2,94	0,05
HG	443	G _{ro}	8,10	6715,48	5140,03	784,46	21,53	62,64	35,68	55346,84	6433,29	11578,81	1475,10	480,71	34506,97	5094,98	56,03	65,74	-1,00	-1,00
HG	444	G _{or}	6,70	5497,46	4377,34	632,82	19,36	55,47	26,13	48672,86	7587,47	5067,43	600,66	527,61	43320,68	6477,38	61,79	71,44	1,95	0,04
HG	445	G _r	6,20	3058,94	954,71	175,37	13,44	48,45	26,23	41627,96	7321,77	5327,63	621,69	616,51	43135,68	6158,94	65,20	73,55	1,51	0,04
HW	111	A _h	7,50	6453,13	3981,59	485,77	22,63	57,61	30,35	58414,69	7018,35	14648,75	1929,07	486,81	38449,68	5587,14	55,94	60,45	4,35	0,10
HW	112	G _o	7,50	9842,83	5326,64	868,89	35,70	52,43	38,17	83354,48	6162,93	14092,92	3409,06	489,14	33292,56	4624,90	48,50	58,88	2,22	0,07
HW	113	G _{ro}	7,10	10776,99	7784,96	973,59	43,62	56,15	38,32	69713,24	6319,23	10885,88	1986,22	523,64	36393,04	5016,40	53,05	63,09	2,50	0,06
HW	114	G _{ro}	7,00	8227,15	1689,07	217,81	26,31	47,47	18,68	48081,98	5908,25	8039,17	1154,33	477,27	39644,07	3770,91	58,31	61,50	3,19	0,05
HW	115	G _r	7,20	838,85	276,94	62,77	9,47	56,72	35,99	49637,48	6428,06	6083,16	2168,08	514,45	46496,28	5249,89	72,96	71,63	1,29	0,04
HW	131	A _h	7,50	5865,42	4211,89	530,85	29,99	66,66	33,88	51135,51	7497,08	9403,55	1970,08	692,91	43591,53	7237,00	60,69	75,54	4,23	0,10
HW	132	G _o	7,20	8244,55	5444,50	939,10	23,61	50,10	35,99	66151,52	7531,17	10395,27	1945,06	572,26	42564,88	6572,34	60,19	72,34	2,11	0,06
HW	133	G _{ro}	7,30	7921,84	4368,61	607,67	31,79	44,90	35,65	53265,68	6812,31	14424,69	1861,60	776,17	36633,65	6257,63	53,94	65,40	2,81	0,11
HW	134	G _{or}	6,60	2159,03	822,78	52,53	15,33	59,02	27,56	50896,72	6300,49	9636,08	1881,58	525,42	40811,86	5247,15	58,17	70,86	2,94	0,08
HW	135	G _{ro}	7,30	710,18	238,32	52,62	6,63	39,29	17,19	41266,16	6054,60	8093,72	1786,06	537,21	40984,20	3425,04	49,84	61,16	2,71	0,04
HW	271	A _h	7,00	7477,64	5011,76	461,26	24,79	51,33	32,76	51968,22	7472,93	9682,46	2087,24	614,00	42571,20	7430,41	61,25	73,34	3,15	0,06
HW	273	G _o	7,10	10124,31	6597,49	772,78	39,60	72,80	47,98	72313,27	8578,60	12708,56	2611,62	481,97	49494,78	7895,35	74,28	88,37	2,28	0,04
HW	274	G _{ro}	6,50	11593,53	7129,93	780,75	39,44	56,21	39,49	54577,01	7118,29	8136,75	1650,37	646,18	42951,10	7151,64	62,74	78,02	2,63	0,05
HW	277	G _{ro}	4,20	2023,91	787,75	98,77	10,75	41,77	29,09	31968,22	5526,05	7193,21	455,91	520,61	42682,00	4281,48	67,96	74,66	2,17	0,05
HW	278	G _r	4,90	496,77	268,47	62,10	12,04	67,42	33,09	46164,78	6796,95	7076,51	1632,87	550,14	42884,35	5349,43	78,88	69,11	1,57	0,04
HW	371	A _h	7,30	6250,74	5769,29	639,83	12,77	45,82	23,59	56787,49	7323,79	7925,38	1266,45	1998,30	45115,33	7450,21	66,04	45,93	4,59	0,10
HW	372	G _o	6,90	6603,58	6129,76	731,38	24,44	56,73	26,02	55638,86	8013,67	6763,56	1126,86	587,09	48414,92	6493,46	61,15	78,67	3,19	0,06
HW	374	G _{ro}	6,10	4665,76	6026,73	453,83	16,57	44,02	19,47	60547,10	6715,90	5522,73	1016,38	590,76	40326,62	7321,29	59,68	79,69	3,00	0,06
HW	376	G _o	6,20	1372,31	396,53	41,81	8,48	45,19	26,67	42559,51	5859,75	5880,17	1664,39	577,06	46219,03	5855,93	65,30	71,47	3,00	0,08
HW	377	G _r	6,80	850,93	343,75	61,36	8,56	68,38	35,83	55694,95	7321,43	8195,09	3622,85	838,02	56798,53	7745,52	79,74	88,20	1,70	0,04
HW	621	A _h	7,20	7070,88	5157,77	655,94	35,18	84,78	40,03	59233,18	7472,43	6631,62	2464,22	493,21	42264,66	6416,31	65,45	79,15	4,49	0,07
HW	622	G _o	7,00	5717,82	3789,61	592,51	21,16	55,92	27,10	53858,50	6888,30	5949,86	1975,06	473,16	40743,12	5513,74	56,25	68,32	3,13	0,05
HW	623	G _{ro}	7,00	5185,14	2983,02	485,18	18,96	54,12	25,97	56185,24	6924,38	6157,53	1976,09	482,54	41043,56	5819,39	57,30	64,59	2,07	0,03
HW	624	G _{or}	6,60	1685,51	369,54	73,99	15,01	63,91	23,22	56774,25	7810,03	4894,51	985,89	475,32	50985,18	7175,17	64,09	74,28	1,88	0,04
HW	625	G _r	6,50	943,80	455,73	109,76	11,95	92,97	33,23	59567,64	8322,03	5997,16	1219,38	573,06	54046,41	7673,03	72,17	87,99	4,89	0,02
HW	941	A _h	6,20	5891,42	4822,15	534,59	33,77	72,29	33,95	61710,44	7356,98	6976,68	2394,74	1235,13	45975,77	7711,87	70,94	82,72	0,29	0,02
HW	942	G _o	6,30	6863,39	5804,21	794,25	27,11	57,65	48,45	87361,44	7521,53	6562,26	3219,21	560,73	42484,99	6079,26	58,96	70,51	3,49	0,06
HW	943	G _{ro}	6,10	3887,98	3125,98	456,98	24,54	51,98	43,98	79809,43	7098,76	6123,51	2567,23	532,09	40004,76	5987,52	65,98	69,98	3,18	0,05
HW	944	G _{or}	5,90	6225,40	227,97	48,47	6,81	47,67	19,72	45049,48	6088,39	4178,51	1106,13	609,36	38153,49	5546,94	75,29	68,78	0,94	0,03
HW	945	G _r	5,80	561,53	319,92	88,31	11,89	99,02	36,08	73698,55	8663,88	5878,35	1267,99	726,46	55152,01	7554,07	97,37	115,86	1,12	0,01
VA	131	A _p	7,30	2432,44	567,66	190,80	11,47	36,05	18,63	38072,55	6590,77	27469,16	1138,79	443,05	32303,82	6351,43	51,04	53,29	4,29	0,39
VA	133	II _(Go) M	7,60	2569,16	608,02	276,74	8,08	34,04	13,86	31541,88	6461,43	12561,74	485,74	445,28	35396,32	3979,62	54,10	41,26	2,79	0,09
VA	141	A _p	7,50	2034,66	576,83	170,51	11,13	42,99	16,97	39832,85	7292,88	24636,00	1021,18	536,99	40616,26	7955,70	54,34	66,83	3,99	0,38
VA	143	II _(Go) M	7,60	1604,48	442,56	198,01	9,45	24,90	12,33	29908,53	5931,54	18719,97	754,93	488,82	33164,24	5279,22	44,06	51,57	3,68	0,05
VA	171	A _p	7,50	1869,19	484,93	160,93	10,46	24,77	20,06	38049,20	7305,32	17138,05	866,87	636,67	42258,97	11969,36	58,08	63,35	4,71	0,13
VA	174	II _(Go) M	7,80	1448,87	577,21	169,18	10,71	27,51	17,08	42697,31	7355,32	9034,11	614,62	669,12	47432,39	9975,92	61,39	110,64	3,34	0,08
VA	231	A _p	8,00	1827,22	444,90	253,82	10,25	53,64	9,01	40628,97	7842,95	21702,46	921,44	672,91	46712,52	8827,55	64,68	72,99	3,66	0,14
VA	233	II _(Go) M	8,30	2324,44	547,91	340,55	7,32	44,08	23,77	36013,37	7657,95	11757,24	540,16	647,89	46723,02	6763,30	66,41	79,73	2,29	0,07
VA	411	A _p	7,80	3195,92	655,13	563,93	9,78	34,17	12,45	39238,95	6979,66	11330,33	782,33	544,76	43717,94	8265,50	62,33	81,22	3,92	0,10
VA	413	II _(Go) M	8,00	2939,57	690,11	416,00	9,33	87,10	28,86	42555,72	6776,90	10307,70	980,26	578,20	44480,86	6120,96	55,66	49,01	2,03	0,04
VA	471	A _p	8,10	1680,40	419,08	167,09	8,54	53,60	27,75	40828,48	8278,17	40459,53	575,51	1673,56	46714,66	8831,22	101,77	120,59	3,23	0,07
VA	473	II _(Go) M	8,40	978,15	314,05	138,98	8,83	44,18	16,61	49684,89	7753,28	11849,33	579,06	594,15	55056,78	5910,23	81,50	88,56	2,29	0,06
VG	121	A _p	7,90	1517,61	489,95	196,25	10,08	36,75	19,20	37797,88	6155,49	23039,32	1133,97	543,91	32685,31	4467,13	54,39	89,70	3,87	0,29
VG	123	II _(Go) M	7,90	944,01	268,08	80,44	8,48	41,83	16,95	43006,13	7155,59	9313,35	1125,56	463,57	41535,66	3588,31	74,12	52,21	2,01	0,05
VG	371	A _p	7,50	2052,03	460,67	286,65	7,90	43,13	12,39	37396,90	6619,65	11649,81	1007,17	1227,88	38056,74	4877,81	82,56	104,51	2,31	0,06
VG	373	II _(Go) M	8,10	1095,54	366,19	168,65	7,88	54,08	14,88	48313,12	7446,73	8853,79	904,45	562,05	48994,02	5663,03	93,68	77,17	1,53	0,03
VG	441	A																		

AG	BHZ	Var	n	n _{miss}	min	max	\bar{x}	s
HA	oben	Cd	15	3	11,27	17,48	14,70	1,76
HA	oben	Ni	18	0	30,48	46,74	37,33	5,05
HA	oben	Co	14	4	19,90	30,58	24,07	3,70
HA	oben	Fe	17	1	26987,42	43955,61	34200,66	4244,71
HA	oben	Mg	18	0	3802,12	5257,44	4465,34	491,46
HA	oben	Ca	18	0	4091,20	13360,67	8177,14	2879,52
HA	oben	Mn	14	4	759,44	1837,22	1237,24	363,71
HA	oben	Na	18	0	190,76	476,48	354,35	88,33
HA	oben	Al	17	1	13672,35	21909,69	17883,60	2035,60
HA	oben	K	18	0	1947,70	3296,77	2514,91	376,46
HA	oben	Cr	17	1	28,60	40,33	34,96	3,51
HA	oben	V	17	1	30,59	47,53	40,49	5,41
HA	oben	C _{org}	18	0	0,22	3,09	1,77	0,72
HA	oben	C	17	1	0,03	0,20	0,09	0,05
HG	oben	pH	12	0	7,20	8,90	8,12	0,46
HG	oben	Zn	12	0	2548,94	3879,68	3064,63	483,50
HG	oben	Pb	12	0	1458,20	3565,75	2392,78	665,63
HG	oben	Cu	12	0	307,06	600,36	442,93	96,97
HG	oben	Cd	11	1	9,38	13,28	11,16	1,25
HG	oben	Ni	12	0	22,70	37,34	30,88	4,34
HG	oben	Co	12	0	16,09	27,49	21,23	3,49
HG	oben	Fe	12	0	24165,60	34940,64	28461,45	3022,23
HG	oben	Mg	12	0	3284,06	4146,39	3728,05	276,82
HG	oben	Ca	11	1	3427,19	7240,39	5124,13	1243,24
HG	oben	Mn	12	0	617,07	1741,65	1117,72	339,54
HG	oben	Na	12	0	97,12	466,19	331,10	144,47
HG	oben	Al	12	0	11756,65	15854,60	13550,99	1219,01
HG	oben	K	12	0	1018,75	2397,42	1905,53	402,40
HG	oben	Cr	12	0	22,04	33,74	27,21	3,86
HG	oben	V	12	0	27,55	53,96	37,16	8,61
HG	oben	C _{org}	12	0	0,69	3,16	1,60	0,77
HG	oben	C	11	1	0,02	0,08	0,05	0,02
HW	oben	pH	19	0	6,10	7,70	6,95	0,48
HW	oben	Zn	19	0	2774,25	6691,33	4368,39	1307,55
HW	oben	Pb	19	0	650,02	5613,86	2940,92	1203,15
HW	oben	Cu	19	0	117,71	928,88	527,86	217,92
HW	oben	Cd	19	0	13,15	40,64	23,71	7,66
HW	oben	Ni	19	0	20,34	74,62	44,73	13,08
HW	oben	Co	17	2	10,60	36,59	24,84	7,37
HW	oben	Fe	18	1	18504,59	53487,82	36513,49	8816,90
HW	oben	Mg	17	2	3656,51	5547,06	4394,09	541,41
HW	oben	Ca	17	2	3373,43	9467,99	6466,91	1863,44
HW	oben	Mn	17	2	868,35	2235,82	1531,21	423,31
HW	oben	Na	19	0	68,23	609,93	341,17	144,01
HW	oben	Al	19	0	11230,99	30506,00	20367,99	4705,78
HW	oben	K	19	0	775,26	4317,40	2779,99	870,88
HW	oben	CR	19	0	14,22	50,93	35,23	9,20
HW	oben	V	19	0	22,59	67,33	42,27	11,06
HW	oben	C _{org}	19	0	1,52	8,45	3,69	2,08
HW	oben	C	18	1	0,02	0,18	0,08	0,05
VA	oben	pH	12	0	7,30	8,40	7,83	0,34
VA	oben	Zn	12	0	456,46	1388,78	919,98	246,75
VA	oben	Pb	12	0	146,77	356,79	275,26	58,92
VA	oben	Cu	11	1	52,56	132,86	89,53	20,91
VA	oben	Cd	12	0	4,12	9,79	7,56	1,96
VA	oben	Ni	12	0	19,87	46,67	29,35	8,08
VA	oben	Co	12	0	11,30	14,76	12,82	1,02

AG	BHZ	Var	n	n _{miss}	min	max	\bar{x}	s
VA	oben	Fe	10	2	16322,65	19241,47	17513,45	987,90
VA	oben	Mg	11	1	2840,77	3621,93	3217,99	209,47
VA	oben	Ca	11	1	5555,82	17964,44	10643,64	4461,04
VA	oben	Mn	12	0	332,65	754,95	515,84	131,66
VA	oben	Na	12	0	239,61	589,60	445,24	106,20
VA	oben	Al	11	1	13240,62	17372,35	15585,90	1553,88
VA	oben	K	12	0	1998,12	4050,55	2839,50	676,06
VA	oben	CR	12	0	19,12	44,26	30,74	7,28
VA	oben	V	11	1	20,16	35,78	28,61	5,26
VA	oben	C _{org}	12	0	0,91	2,75	1,80	0,74
VA	oben	C	11	1	0,02	0,36	0,19	0,13
VG	oben	pH	12	0	7,50	8,50	8,04	0,26
VG	oben	Zn	12	0	268,54	828,03	579,56	157,44
VG	oben	Pb	12	0	130,33	324,21	204,78	58,68
VG	oben	Cu	12	0	28,70	123,72	80,53	24,47
VG	oben	Cd	12	0	3,93	9,74	7,81	2,08
VG	oben	Ni	12	0	11,28	36,90	25,59	7,23
VG	oben	Co	11	1	5,85	14,09	10,46	2,51
VG	oben	Fe	12	0	17636,71	23785,41	20718,76	2401,43
VG	oben	Mg	12	0	2136,84	3812,76	3179,69	471,38
VG	oben	Ca	11	1	3819,68	9877,28	6258,88	1862,29
VG	oben	Mn	12	0	484,16	930,03	687,61	129,20
VG	oben	Na	12	0	110,10	598,83	342,26	147,13
VG	oben	Al	12	0	9180,33	22942,26	16735,68	4043,62
VG	oben	K	12	0	830,23	2825,03	1836,26	554,27
VG	oben	Cr	11	1	29,95	49,72	39,69	5,61
VG	oben	V	11	1	37,00	58,75	44,47	7,24
VG	oben	C _{org}	11	1	0,56	2,90	1,41	0,84
VG	oben	C	10	2	0,02	0,15	0,07	0,05
VW	oben	pH	8	0	5,60	6,70	6,14	0,42
VW	oben	Zn	8	0	870,67	1441,86	1106,87	208,04
VW	oben	Pb	8	0	398,76	939,74	619,81	207,47
VW	oben	Cu	7	1	137,85	210,11	173,24	27,29
VW	oben	Cd	8	0	4,87	12,00	7,44	2,42
VW	oben	Ni	8	0	15,40	34,27	25,81	6,54
VW	oben	Co	8	0	11,53	23,21	17,98	4,12
VW	oben	Fe	7	1	27574,34	32427,47	30007,86	2055,22
VW	oben	Mg	8	0	2848,09	5789,45	4460,90	954,47
VW	oben	Ca	8	0	2779,56	7278,02	4869,63	1316,69
VW	oben	Mn	8	0	817,91	1826,05	1285,65	348,83
VW	oben	Na	8	0	213,43	355,39	271,91	63,75
VW	oben	Al	7	1	15778,72	20764,74	18524,48	1625,70
VW	oben	K	7	1	977,87	1736,12	1338,96	286,05
VW	oben	Cr	7	1	34,20	46,13	40,33	3,97
VW	oben	V	8	0	21,30	40,51	32,71	6,17
VW	oben	C _{org}	8	0	1,42	9,26	4,68	3,08
VW	oben	C	8	0	0,01	0,09	0,03	0,03
HA	unten	pH	12	0	5,80	7,70	6,67	0,51
HA	unten	Zn	12	0	240,71	1351,99	671,27	438,67
HA	unten	Pb	10	2	100,21	259,55	166,74	51,45
HA	unten	Cu	12	0	19,69	57,94	35,58	12,55
HA	unten	Cd	12	0	5,44	9,30	7,52	1,09
HA	unten	Ni	12	0	26,30	49,58	38,28	8,48
HA	unten	Co	12	0	11,06	23,03	15,85	3,98
HA	unten	Fe	11	1	19034,97	31255,93	27007,76	4710,88
HA	unten	Mg	12	0	3161,22	5269,02	4102,60	685,36
HA	unten	Ca	12	0	2509,63	4957,29	3643,58	767,87

AG	BHZ	Var	n	n _{miss}	min	max	\bar{x}	s
HA	unten	Mn	11	1	338,09	662,43	479,88	107,11
HA	unten	Na	12	0	165,18	473,95	367,65	100,15
HA	unten	Al	11	1	21086,17	29661,07	24790,01	2509,91
HA	unten	K	12	0	1250,77	2790,10	2199,66	467,95
HA	unten	Cr	12	0	27,17	58,12	41,78	8,36
HA	unten	V	12	0	31,54	53,40	41,75	5,47
HA	unten	C _{org}	11	1	0,21	0,71	0,44	0,17
HA	unten	C	12	0	0,01	0,04	0,03	0,01
HG	unten	pH	8	0	6,20	6,80	6,56	0,24
HG	unten	Zn	8	0	923,97	3783,69	2719,06	896,11
HG	unten	Pb	7	1	1205,44	1678,95	1501,63	172,25
HG	unten	Cu	8	0	41,05	324,89	234,12	90,04
HG	unten	Cd	8	0	4,94	15,76	11,26	3,28
HG	unten	Ni	8	0	19,20	36,74	29,25	6,19
HG	unten	Co	8	0	10,46	45,26	21,94	10,55
HG	unten	Fe	8	0	15245,74	29061,09	23864,50	4290,70
HG	unten	Mg	8	0	2605,96	5062,96	3623,01	732,89
HG	unten	Ca	8	0	2023,39	5125,73	3421,39	1028,98
HG	unten	Mn	8	0	255,90	1223,12	755,10	375,37
HG	unten	Na	8	0	116,14	485,39	331,98	137,58
HG	unten	Al	8	0	9731,24	22567,31	14923,35	4561,78
HG	unten	K	8	0	1028,18	3617,66	2147,53	778,59
HG	unten	Cr	8	0	13,74	39,47	26,73	8,38
HG	unten	V	8	0	18,39	48,36	32,49	9,39
HG	unten	C _{org}	8	0	0,39	1,63	0,78	0,39
HG	unten	C	8	0	0,02	0,08	0,03	0,02
HW	unten	pH	11	0	4,20	7,30	6,09	0,88
HW	unten	Zn	11	0	336,93	1051,97	603,89	248,22
HW	unten	Pb	11	0	97,59	340,61	193,08	72,70
HW	unten	Cu	11	0	13,83	52,80	33,93	11,64
HW	unten	Cd	11	0	2,71	16,06	10,61	4,09
HW	unten	Ni	11	0	18,45	64,47	38,36	13,01
HW	unten	Co	11	0	6,89	28,17	17,08	6,96
HW	unten	Fe	10	1	18621,17	39516,77	27798,12	5663,62
HW	unten	Mg	10	1	2157,84	5139,70	3711,19	765,17
HW	unten	Ca	10	1	2384,59	5651,07	3837,85	1316,46
HW	unten	Mn	10	1	282,60	1826,96	1032,72	461,87
HW	unten	Na	9	2	362,53	497,53	433,89	47,36
HW	unten	Al	11	0	12398,12	32460,68	23376,57	5652,59
HW	unten	K	11	0	1334,14	4720,47	3137,51	982,44
HW	unten	Cr	11	0	16,07	61,02	38,19	11,22
HW	unten	V	11	0	19,76	62,38	41,05	12,08
HW	unten	C _{org}	11	0	0,34	2,04	0,96	0,52
HW	unten	C	9	2	0,01	0,04	0,02	0,01

B.2.2 Tonfraktion

AG	BHZ	Var	n	n _{miss}	min	max	\bar{x}	s
HA	oben	Zn	16	2	4978,78	7533,75	6156,88	846,85
HA	oben	Pb	18	0	2680,78	6124,84	4488,91	1007,40
HA	oben	Cu	18	0	608,63	1092,40	819,94	138,21
HA	oben	Cd	18	0	12,82	26,44	20,03	4,46
HA	oben	Ni	18	0	31,37	71,57	49,07	13,94
HA	oben	Co	18	0	22,56	55,77	35,65	9,61
HA	oben	Fe	18	0	41697,87	67929,24	53945,75	6925,52
HA	oben	Mg	18	0	5429,60	8738,16	7018,13	774,10
HA	oben	Ca	18	0	6729,48	21594,92	12976,57	4573,35

AG	BHZ	Var	n	n _{miss}	min	max	\bar{x}	s
HA	oben	Mn	16	2	582,33	2070,44	1314,62	404,72
HA	oben	Na	17	1	379,17	555,71	472,71	39,99
HA	oben	Al	17	1	23765,01	45851,70	35205,36	7598,34
HA	oben	K	18	0	3550,03	6979,22	5402,54	1099,97
HA	oben	Cr	18	0	40,71	78,80	54,86	10,42
HA	oben	V	18	0	48,53	96,32	68,06	13,81
HA	oben	C _{org}	18	0	1,63	4,52	3,15	0,86
HA	oben	C	17	1	0,04	0,23	0,09	0,07
HG	oben	Zn	12	0	5535,18	7582,69	6489,06	658,33
HG	oben	Pb	12	0	3993,71	6197,19	5005,59	672,21
HG	oben	Cu	12	0	784,46	1132,33	943,09	112,37
HG	oben	Cd	12	0	13,15	25,59	19,26	3,25
HG	oben	Ni	12	0	42,53	64,89	55,51	7,02
HG	oben	Co	11	1	28,35	40,92	34,35	4,68
HG	oben	Fe	12	0	41338,42	66034,84	54465,86	8209,22
HG	oben	Mg	11	1	6429,19	7160,67	6729,10	267,74
HG	oben	Ca	11	1	8083,11	13599,31	10198,54	1700,25
HG	oben	Mn	12	0	961,32	2031,21	1503,55	357,10
HG	oben	Na	10	2	404,97	684,42	531,32	73,01
HG	oben	Al	11	1	28743,79	40103,88	34129,74	3066,08
HG	oben	K	9	3	4823,18	5796,68	5270,67	329,91
HG	oben	Cr	10	2	49,50	58,47	53,63	2,61
HG	oben	V	11	1	64,17	78,69	70,08	4,81
HG	oben	C _{org}	10	2	0,35	4,81	2,94	1,31
HG	oben	C	10	2	0,01	0,11	0,06	0,03
HW	oben	Zn	19	0	3887,98	11593,52	7298,11	2098,70
HW	oben	Pb	19	0	1689,07	7784,96	5008,16	1506,24
HW	oben	Cu	19	0	217,81	973,59	630,68	193,47
HW	oben	Cd	19	0	12,77	43,62	28,00	8,33
HW	oben	Ni	18	1	44,02	72,80	55,23	8,36
HW	oben	Co	19	0	18,68	48,45	33,68	8,68
HW	oben	Fe	19	0	48081,98	87361,45	62337,67	11214,20
HW	oben	Mg	19	0	5908,25	8578,60	7143,94	628,95
HW	oben	Ca	19	0	5522,73	14648,75	9001,64	3058,48
HW	oben	Mn	19	0	1016,38	3409,06	2032,15	652,43
HW	oben	Na	16	3	473,15	692,91	543,99	67,90
HW	oben	Al	19	0	33292,56	49494,78	41682,12	4005,48
HW	oben	K	19	0	3770,91	7895,35	6333,51	1111,68
HW	oben	Cr	19	0	48,50	74,28	60,56	6,19
HW	oben	V	18	1	58,88	88,37	71,70	8,40
HW	oben	C _{org}	19	0	2,07	4,59	3,21	0,83
HW	oben	C	19	0	0,02	0,11	0,06	0,03
VA	oben	Zn	12	0	978,15	3195,92	2075,38	640,72
VA	oben	Pb	12	0	314,05	690,11	527,37	108,42
VA	oben	Cu	11	1	138,97	416,00	225,69	87,28
VA	oben	Cd	12	0	7,32	11,47	9,61	1,27
VA	oben	Ni	11	1	24,77	53,64	38,17	10,39
VA	oben	Co	12	0	9,01	28,86	18,11	6,15
VA	oben	Fe	12	0	29908,53	49684,89	39087,73	5188,26
VA	oben	Mg	12	0	5931,54	8278,17	7185,52	666,48
VA	oben	Ca	11	1	9034,11	27469,16	16046,01	6301,53
VA	oben	Mn	12	0	485,74	1138,79	771,74	214,91
VA	oben	Na	11	1	443,05	672,91	568,89	84,59
VA	oben	Al	12	0	32303,82	55056,78	42881,48	6634,56
VA	oben	K	12	0	3979,62	11969,36	7519,17	2216,57
VA	oben	Cr	10	2	44,06	66,41	57,21	6,80
VA	oben	V	12	0	41,26	120,59	73,25	24,49

AG	BHZ	Var	n	n _{miss}	min	max	\bar{x}	s
VA	oben	C _{org}	12	0	2,03	4,71	3,35	0,85
VA	oben	C	12	0	0,04	0,39	0,13	0,12
VG	oben	Zn	12	0	738,45	2052,03	1294,13	364,85
VG	oben	Pb	12	0	182,88	503,79	380,12	107,89
VG	oben	Cu	12	0	80,44	286,65	175,73	57,30
VG	oben	Cd	11	1	7,04	10,08	7,96	0,99
VG	oben	Ni	12	0	14,20	58,16	39,49	11,30
VG	oben	Co	12	0	8,89	19,97	14,78	3,42
VG	oben	Fe	12	0	32036,41	49094,80	40115,60	5431,07
VG	oben	Mg	12	0	5321,60	7524,73	6550,84	714,90
VG	oben	Ca	11	1	8335,15	12828,59	10598,80	1561,99
VG	oben	Mn	12	0	707,36	1133,97	944,60	133,51
VG	oben	Na	10	2	442,00	562,05	498,10	44,05
VG	oben	Al	12	0	28912,82	48994,02	39601,76	6456,97
VG	oben	K	12	0	3361,59	5663,03	4387,37	661,46
VG	oben	Cr	12	0	54,39	99,58	78,25	14,57
VG	oben	V	12	0	26,93	104,51	70,51	20,70
VG	oben	C _{org}	12	0	1,53	3,87	2,80	0,86
VG	oben	C	11	1	0,03	0,08	0,06	0,02
VW	oben	Zn	5	3	1185,01	1726,34	1487,92	217,24
VW	oben	Pb	6	2	505,32	1446,29	824,22	402,04
VW	oben	Cu	5	3	161,79	292,66	212,71	51,18
VW	oben	Cd	6	2	3,36	12,79	8,94	3,36
VW	oben	Ni	5	3	34,01	46,96	42,39	5,09
VW	oben	Co	6	2	2,94	29,17	17,15	10,01
VW	oben	Fe	4	4	32947,75	35097,59	33884,38	907,87
VW	oben	Mg	6	2	3761,88	6957,25	5470,94	1047,97
VW	oben	Ca	6	2	2765,70	6438,48	4790,36	1216,67
VW	oben	Mn	6	2	654,28	1490,00	1172,34	306,74
VW	oben	Na	6	2	555,74	2423,63	1169,65	706,25
VW	oben	Al	5	3	22140,04	28048,98	25392,86	2517,49
VW	oben	K	6	2	2964,53	4562,15	3499,07	589,95
VW	oben	Cr	6	2	50,37	73,59	61,38	8,60
VW	oben	V	6	2	8,27	120,66	54,04	37,33
VW	oben	C _{org}	3	5	3,64	10,96	6,71	3,80
VW	oben	C	3	5	0,02	0,24	0,10	0,12
HA	unten	Zn	12	0	394,65	3251,97	1219,49	996,12
HA	unten	Pb	12	0	176,44	692,19	356,59	154,35
HA	unten	Cu	12	0	23,86	148,59	69,72	36,27
HA	unten	Cd	12	0	4,43	13,02	8,05	2,47
HA	unten	Ni	11	1	47,98	75,07	60,28	7,88
HA	unten	Co	12	0	7,83	29,85	21,28	6,13
HA	unten	Fe	12	0	31991,39	64245,11	47322,99	8177,08
HA	unten	Mg	12	0	5700,54	8837,61	7149,08	950,91
HA	unten	Ca	12	0	4445,42	7543,58	6136,96	1130,98
HA	unten	Mn	12	0	438,90	1249,06	785,26	286,05
HA	unten	Na	11	1	436,93	634,77	534,49	70,67
HA	unten	Al	11	1	41565,68	66891,66	54301,00	7199,08
HA	unten	K	11	1	3749,62	5765,39	4813,97	703,16
HA	unten	Cr	12	0	38,94	106,05	78,14	17,96
HA	unten	V	12	0	56,94	97,76	78,56	10,41
HA	unten	C _{org}	11	1	0,43	1,78	1,07	0,46
HA	unten	C	12	0	0,02	0,05	0,04	0,01
HG	unten	Zn	8	0	3058,94	7187,33	5946,87	1316,11
HG	unten	Pb	8	0	954,71	5688,02	3996,73	1523,44
HG	unten	Cu	8	0	175,37	963,90	682,95	263,65
HG	unten	Cd	8	0	13,44	29,42	21,50	4,47

AG	BHZ	Var	n	n _{miss}	min	max	\bar{x}	s
HG	unten	Ni	8	0	48,45	68,17	57,15	5,90
HG	unten	Co	8	0	26,13	61,89	40,34	11,66
HG	unten	Fe	8	0	41627,96	78820,41	56816,55	11815,90
HG	unten	Mg	8	0	5781,88	7587,47	7019,08	560,34
HG	unten	Ca	8	0	5067,43	10529,39	6882,43	1777,58
HG	unten	Mn	8	0	600,66	2670,38	1640,79	717,51
HG	unten	Na	8	0	480,42	661,90	561,67	63,82
HG	unten	Al	8	0	34190,34	44255,29	39604,19	4159,41
HG	unten	K	8	0	4954,97	6746,89	6004,31	543,87
HG	unten	Cr	8	0	51,06	68,14	59,22	6,60
HG	unten	V	8	0	62,24	89,22	71,51	8,78
HG	unten	C _{org}	6	2	1,45	2,95	1,94	0,54
HG	unten	C	6	2	0,04	0,08	0,05	0,02
HW	unten	Zn	11	0	496,77	2159,03	1115,29	597,93
HW	unten	Pb	11	0	227,97	822,78	409,79	207,32
HW	unten	Cu	11	0	41,81	109,76	68,41	21,88
HW	unten	Cd	11	0	6,63	15,33	10,63	2,96
HW	unten	Ni	11	0	39,29	99,02	61,94	19,63
HW	unten	Co	11	0	17,19	36,08	28,88	6,68
HW	unten	Fe	11	0	31968,22	73698,55	50297,98	11079,01
HW	unten	Mg	11	0	5526,05	8663,88	6906,51	1020,60
HW	unten	Ca	11	0	4178,51	9636,08	6646,04	1580,85
HW	unten	Mn	10	1	455,91	2168,08	1416,83	504,58
HW	unten	Na	9	2	475,32	609,36	542,51	39,93
HW	unten	Al	11	0	38153,49	56798,52	46837,57	6456,78
HW	unten	K	11	0	3425,04	7745,52	5918,51	1446,77
HW	unten	Cr	11	0	49,84	97,37	71,07	12,49
HW	unten	V	10	1	61,16	88,20	73,81	8,40
HW	unten	C _{org}	11	0	0,89	3,00	1,84	0,78
HW	unten	C	11	0	0,01	0,08	0,04	0,02

B.3 Korrelationsmatrix ausgewählte Proben

B.3.1 Korrelationsmatrix ausgewählte Proben Feinsandfraktion

Heiningen Acker - obere Bodenhorizonte (Feinsandfraktion) -

	pH	Zn	Pb	Cu	Cd	Ni	Co	Fe	Mg	Ca	Mn	Na	Al	K	Cr	V	Corg	C
pH	1	0,3406	,6178*	,6104*	-0,1906	0,3775	-0,0065	0,2819	0,2559	0,339	-0,3598	0,2283	0,2582	0,2945	0,4339	0,4117	0,1791	0,0732
Zn	0,3406	1	,8136**	,7880**	,6083*	0,4668	0,4513	,8189**	,5070*	0,4401	-0,0734	-0,1044	0,4666	0,0526	0,1069	0,2027	0,3069	0,3746
Pb	,6178*	,8136**	1	,8925**	0,3547	0,3951	0,253	,6335**	0,3576	,4839*	-0,2526	-0,0788	0,1958	-0,038	0,0779	0,205	,4855*	0,3214
Cu	,6104*	,7880**	,8925**	1	0,3093	0,2173	0,1504	,6792**	0,2319	0,2643	-0,4223	-0,0431	0,1424	-0,117	-0,0195	-0,0112	0,3272	0,1672
Cd	-0,1906	,6083*	0,3547	0,3093	1	0,2565	,5772*	,5996*	0,1591	0,3243	0,0415	0,2161	0,2562	-0,0735	-0,2573	-0,168	0,2724	0,2028
Ni	0,3775	0,4668	0,3951	0,2173	0,2565	1	,6054*	,6334**	,9181**	0,4028	0,3612	-0,3067	,7143**	-0,0623	,6301**	,6771**	0,1602	0,1996
Co	-0,0065	0,4513	0,253	0,1504	,5772*	,6054*	1	,5980*	,6696**	0,1788	0,4822	-0,0486	0,3793	0,0045	0,2036	0,2048	0,0741	-0,0899
Fe	0,2819	,8189**	,6335**	,6792**	,5996*	,6334**	,5980*	1	,6594**	0,0924	-0,1771	-0,2768	0,4754	-0,1903	0,1078	0,0549	-0,1207	0,0536
Mg	0,2559	,5070*	0,3576	0,2319	0,1591	,9181**	,6696**	,6594**	1	0,2207	0,3602	-0,3629	,8000**	-0,0227	,6730**	,6221**	0,1475	0,1004
Ca	0,339	0,4401	,4839*	0,2643	0,3243	0,4028	0,1788	0,0924	0,2207	1	0,1653	0,1351	0,1063	0,3224	0,3179	,6664**	,5260*	,9596**
Mn	-0,3598	-0,0734	-0,2526	-0,4223	0,0415	0,3612	0,4822	-0,1771	0,3602	0,1653	1	-0,2929	0,1663	-0,0076	0,2587	0,322	0,1219	0,0063
Na	0,2283	-0,1044	-0,0788	-0,0431	0,2161	-0,3067	-0,0486	-0,2768	-0,3629	0,1351	-0,2929	1	-0,0804	,5813*	-0,1081	0,0359	-0,0463	-0,0188
Al	0,2582	0,4666	0,1958	0,1424	0,2562	,7143**	0,3793	0,4754	,8000**	0,1063	0,1663	-0,0804	1	0,3126	,7845**	,5445*	0,2445	-0,0124
K	0,2945	0,0526	-0,038	-0,117	-0,0735	-0,0623	0,0045	-0,1903	-0,0227	0,3224	-0,0076	,5813*	0,3126	1	0,4097	0,3998	0,1013	0,337
Cr	0,4339	0,1069	0,0779	-0,0195	-0,2573	,6301**	0,2036	0,1078	,6730**	0,3179	0,2587	-0,1081	,7845**	0,4097	1	,8337**	0,3108	0,2249
V	0,4117	0,2027	0,205	-0,0112	-0,168	,6771**	0,2048	0,0549	,6221**	,6664**	0,322	0,0359	,5445*	0,3998	,8337**	1	0,3376	,5325*
Corg	0,1791	0,3069	,4855*	0,3272	0,2724	0,1602	0,0741	-0,1207	0,1475	,5260*	0,1219	-0,0463	0,2445	0,1013	0,3108	0,3376	1	0,4155
C	0,0732	0,3746	0,3214	0,1672	0,2028	0,1996	-0,0899	0,0536	0,1004	,9596**	0,0063	-0,0188	-0,0124	0,337	0,2249	,5325*	0,4155	1

Heiningen Acker - untere Bodenhorizonte (Feinsandfraktion) -

	pH	Zn	Pb	Cu	Cd	Ni	Co	Fe	Mg	Ca	Mn	Na	Al	K	Cr	V	Corg	C
pH	1	0,3342	0,1365	0,2212	0,3391	-0,1463	-0,3806	0,5634	0,041	0,2953	-0,1512	-0,3085	-0,2254	-0,0103	0,0923	0,2391	0,0787	0,0744
Zn	0,3342	1	0,4786	0,4599	0,3925	-,7655**	-0,1419	0,0468	-0,4102	-0,219	-0,0222	-0,02	-,7007*	-0,1756	-,6593*	-0,451	,7739**	0,326
Pb	0,1365	0,4786	1	,7221*	,7121*	-0,106	0,1517	0,3087	0,202	0,0688	-0,0785	0,23	-0,0531	0,2207	0,1337	0,3965	,6989*	,6760*
Cu	0,2212	0,4599	,7221*	1	0,26	-0,0827	-0,4766	0,1068	0,0448	0,0106	-0,5833	-0,0288	0,1509	0,2664	-0,0398	0,0248	0,5313	0,2574
Cd	0,3391	0,3925	,7121*	0,26	1	-0,1607	0,0533	0,3136	0,2477	-0,131	0,0701	0,569	-0,1646	,5900*	0,1032	0,3638	0,4931	,6884*
Ni	-0,1463	-,7655**	-0,106	-0,0827	-0,1607	1	-0,0557	0,3913	,7346**	0,394	-0,1709	-0,1749	,7100*	0,1246	,8179**	,7013*	-0,3969	0,1175
Co	-0,3806	-0,1419	0,1517	-0,4766	0,0533	-0,0557	1	-0,3033	-0,1207	0,0298	,8712**	0,3235	-0,2125	-0,2288	-0,0112	-0,1651	-0,2549	0,0984
Fe	0,5634	0,0468	0,3087	0,1068	0,3136	0,3913	-0,3033	1	,6969*	0,0903	-0,266	-0,3783	-0,2503	-0,2261	0,4836	0,502	0,1992	0,5857
Mg	0,041	-0,4102	0,202	0,0448	0,2477	,7346**	-0,1207	,6969*	1	-0,094	-0,2404	0,1144	0,2421	-0,2403	,8278**	,5929*	-0,0279	0,5487
Ca	0,2953	-0,2187	0,0688	0,0106	-0,131	0,394	0,0298	0,0903	-0,0939	1	0,1441	-0,5562	0,5689	-0,1509	0,2852	0,534	-0,1537	-0,0745
Mn	-0,1512	-0,0222	-0,0785	-0,5833	0,0701	-0,1709	,8712**	-0,266	-0,2404	0,1441	1	0,0589	-0,2572	-0,2926	-0,0778	-0,1674	-0,2047	-0,0282
Na	-0,3085	-0,02	0,23	-0,0288	0,569	-0,1749	0,3235	-0,3783	0,1144	-0,556	0,0589	1	-0,0567	,6638*	0,0283	-0,0618	-0,0336	0,3267
Al	-0,2254	-,7007*	-0,0531	0,1509	-0,1646	,7100*	-0,2125	-0,2503	0,2421	0,5689	-0,2572	-0,0567	1	0,5105	,7133*	,7133*	-0,3496	-0,1614
K	-0,0103	-0,1756	0,2207	0,2664	,5900*	0,1246	-0,2288	-0,2261	0,2403	-0,151	-0,2926	,6638*	0,5105	1	0,3187	0,3896	0,0327	0,1953
Cr	0,0923	-,6593*	0,1337	-0,0398	0,1032	,8179**	-0,0112	0,4836	,8278**	0,2852	-0,0778	0,0283	,7133*	0,3187	1	,7346**	-0,3286	0,3282
V	0,2391	-0,451	0,3965	0,0248	0,3638	,7013*	-0,1651	0,502	,5929*	0,534	-0,1674	-0,0618	,7133*	0,3896	,7346**	1	-0,0247	0,3646
Corg	0,0787	,7739**	,6989*	0,5313	0,4931	-0,3969	-0,2549	0,1992	-0,0279	-0,154	-0,2047	-0,0336	-0,3496	0,0327	-0,3286	-0,0247	1	0,5898
C	0,0744	0,326	,6760*	0,2574	,6884*	0,1175	0,0984	0,5857	0,5487	-0,075	-0,0282	0,3267	-0,1614	0,1953	0,3282	0,3646	0,5898	1

Heiningen Grünland - obere Bodenhorizonte (Feinsandfraktion) -

	pH	Zn	Pb	Cu	Cd	Ni	Co	Fe	Mg	Ca	Mn	Na	Al	K	Cr	V	Corg	C
pH	1	-0,5459	-,5863*	-0,5559	-0,0728	-0,2742	-0,0292	-0,4648	-0,4072	-0,206	-0,3003	,5918*	-0,1931	0,3069	-0,1222	-0,0919	-0,56	-0,3359
Zn	-0,5459	1	,8769**	,9250**	,8140**	-,5766*	,6722*	,8921**	,9089**	,7669**	,8360**	-,5863*	0,4378	-0,4174	0,1575	0,1792	,7407**	0,5486
Pb	-,5863*	,8769**	1	,9271**	0,4802	,7002*	0,5514	,8367**	,8369**	,7807**	,6831*	-,7243**	0,3019	-0,5062	0,0129	0,1758	,7442**	,6192*
Cu	-0,5559	,9250**	,9271**	1	,6218*	,6401*	0,5579	,8726**	,8534**	,7456**	,7383**	-,6644*	0,2884	-0,5253	0,0486	0,16	,7502**	0,4985
Cd	-0,0728	,8140**	0,4802	,6218*	1	0,0897	,7677**	,6317*	0,5935	0,401	,9052**	-0,2174	0,2089	-0,2985	0,0195	-0,0523	0,335	0,1671
Ni	-0,2742	-,5766*	,7002*	,6401*	0,0897	1	0,1864	0,4936	,8243**	,7599**	0,2726	-0,219	,6837*	0,0847	0,4763	,6837*	,7832**	,8128**
Co	-0,0292	,6722*	0,5514	0,5579	,7677**	0,1864	1	,6145*	0,567	0,3162	,9302**	-0,3896	0,0357	-0,4418	-0,2553	-0,2291	0,3154	-0,0275
Fe	-0,4648	,8921**	,8367**	,8726**	,6317*	0,4936	,6145*	1	,7881**	,7577**	,7022*	-,7869**	0,1519	-,6724*	-0,1573	-0,1258	0,4979	0,5556
Mg	-0,4072	,9089**	,8369**	,8534**	0,5935	,8243**	0,567	,7881**	1	,8484**	,6992*	-0,3934	,6734*	-0,1468	0,3768	0,4467	,8365**	,7020*
Ca	-0,2057	,7669**	,7807**	,7456**	0,401	,7599**	0,3162	,7577**	,8484**	1	0,4384	-0,5	0,4585	-0,287	0,2382	0,3496	,7608**	,8699**
Mn	-0,3003	,8360**	,6831*	,7383**	,9052**	0,2726	,9302**	,7022*	,6992*	0,4384	1	-0,4652	0,1743	-0,4481	-0,0992	-0,0888	0,5465	0,063
Na	,5918*	-,5863*	-,7243**	-,6644*	-0,2174	-0,219	-0,3896	-,7869**	-0,3934	-0,5	-0,4652	1	0,2921	,9000**	0,5244	0,42	-0,2567	-0,3657
Al	-0,1931	0,4378	0,3019	0,2884	0,2089	,6837*	0,0357	0,1519	,6734*	0,4585	0,1743	0,2921	1	,5969*	,9051**	,8728**	,6962*	0,5477
K	0,3069	-0,4174	-0,5062	-0,5253	-0,2985	0,0847	-0,4418	-,6724*	-0,1468	-0,287	-0,4481	,9000**	,5969*	1	,7688**	,6864*	0,0359	-0,0529
Cr	-0,1222	0,1575	0,0129	0,0486	0,0195	0,4763	-0,2553	-0,1573	0,3768	0,2382	-0,0992	0,5244	,9051**	,7688**	1	,9178**	0,5683	0,3685
V	-0,0919	0,1792	0,1758	0,16	-0,0523	,6837*	-0,2291	-0,1258	0,4467	0,3496	-0,0888	0,42	,8728**	,6864*	,9178**	1	,6565*	0,4926
Corg	-0,56	,7407**	,7442**	,7502**	0,335	,7832**	0,3154	0,4979	,8365**	,7608**	0,5465	-0,2567	,6962*	0,0359	0,5683	,6565*	1	,6631*
C	-0,3359	0,5486	,6192*	0,4985	0,1671	,8128**	-0,0275	0,5556	,7020*	,8699**	0,063	-0,3657	0,5477	-0,0529	0,3685	0,4926	,6631*	1

Heiningen Grünland - untere Bodenhorizonte (Feinsandfraktion) -

	pH	Zn	Pb	Cu	Cd	Ni	Co	Fe	Mg	Ca	Mn	Na	Al	K	Cr	V	Corg	C
pH	1	0,2378	-0,4159	0,3134	0,2408	0,1844	0,3303	0,6225	0,2673	0,5963	0,5279	0,5217	-0,0493	0,1969	-0,0062	0,1307	0,26	0,4897
Zn	0,2378	1	-0,2507	0,6468	,9490**	,7948*	0,6242	0,6356	,8521**	0,4194	0,2658	0,5127	,8722**	,8681**	,9473**	,9004**	,7143*	-0,0121
Pb	-0,4159	-0,2507	1	,8090*	-0,2374	0,2989	-0,2474	0,2521	-0,2402	-0,119	0,1382	-0,2551	-0,301	-0,3968	-0,2523	-0,2909	-0,4693	0,0298
Cu	0,3134	0,6468	,8090*	1	0,5822	0,5375	0,1984	0,6574	0,3192	0,5074	0,5527	0,604	0,2488	0,373	0,5183	0,4558	0,0447	0,394
Cd	0,2408	,9490**	-0,2374	0,5822	1	,7863*	,7718*	,7212*	,8448**	0,3013	0,4029	0,502	,8902**	,9145**	,8833**	,9252**	,7929*	-0,1205
Ni	0,1844	,7948*	0,2989	0,5375	,7863*	1	0,5965	,7727*	,8349**	0,327	0,1543	0,1212	,7435*	0,6493	0,6407	0,669	0,7053	-0,089
Co	0,3303	0,6242	-0,2474	0,1984	,7718*	0,5965	1	0,7053	,8361**	0,3546	0,5859	0,5104	,7255*	,8766**	0,5525	,8286*	,8629**	-0,0348
Fe	0,6225	0,6356	0,2521	0,6574	,7212*	,7727*	0,7053	1	0,6615	0,5553	0,6756	0,4907	0,4446	0,6007	0,386	0,5833	0,578	0,2777
Mg	0,2673	,8521**	-0,2402	0,3192	,8448**	,8349**	,8361**	0,6615	1	0,4601	0,2413	0,3823	,8913**	,8991**	,7801*	,8852**	,9137**	-0,0386
Ca	0,5963	0,4194	-0,1187	0,5074	0,3013	0,327	0,3546	0,5553	0,4601	1	0,5187	0,7059	0,157	0,4303	0,2696	0,4266	0,2449	,8654**
Mn	0,5279	0,2658	0,1382	0,5527	0,4029	0,1543	0,5859	0,6756	0,2413	0,5187	1	,8128*	0,0531	0,4245	0,1427	0,4161	0,1563	0,4859
Na	0,5217	0,5127	-0,2551	0,604	0,502	0,1212	0,5104	0,4907	0,3823	0,7059	,8128*	1	0,2421	0,5941	0,4752	0,6075	0,2176	0,5829
Al	-0,0493	,8722**	-0,301	0,2488	,8902**	,7435*	,7255*	0,4446	,8913**	0,157	0,0531	0,2421	1	,9076**	,8957**	,9102**	,8811**	-0,3103
K	0,1969	,8681**	-0,3968	0,373	,9145**	0,6493	,8766**	0,6007	,8991**	0,4303	0,4245	0,5941	,9076**	1	,8574**	,9899**	,8605**	0,0018
Cr	-0,0062	,9473**	-0,2523	0,5183	,8833**	0,6407	0,5525	0,386	,7801*	0,2696	0,1427	0,4752	,8957**	,8574**	1	,9047**	0,6472	-0,1408
V	0,1307	,9004**	-0,2909	0,4558	,9252**	0,669	,8286*	0,5833	,8852**	0,4266	0,4161	0,6075	,9102**	,9899**	,9047**	1	,8017*	0,0044
Corg	0,26	,7143*	-0,4693	0,0447	,7929*	0,7053	,8629**	0,578	,9137**	0,2449	0,1563	0,2176	,8811**	,8605**	0,6472	,8017*	1	-0,2235
C	0,4897	-0,0121	0,0298	0,394	-0,1205	-0,089	-0,0348	0,2777	-0,0386	,8654**	0,4859	0,5829	-0,3103	0,0018	-0,1408	0,0044	-0,2235	1

Heiningen Wald - obere Bodenhorizonte (Feinsandfraktion) -

	pH	Zn	Pb	Cu	Cd	Ni	Co	Fe	Mg	Ca	Mn	Na	Al	K	Cr	V	Corg	C
pH	1	0,0788	-0,294	-0,1348	-0,3004	-0,1766	0,2308	-0,0384	-0,2056	0,2386	0,0692	-,5651*	-0,4324	-0,4494	-0,4345	-,4644*	-0,3138	0,2576
Zn	0,0788	1	0,2859	,4983*	,6136**	0,264	0,0939	0,0882	0,4148	0,3389	0,289	-0,2102	0,0303	-0,1304	-0,0318	-0,0263	-0,0256	0,1183
Pb	-0,294	0,2859	1	,9108**	,6135**	,6548**	,5543*	,8444**	,7581**	0,3162	0,2544	0,3538	,6681**	,6416**	,6668**	,8052**	0,4261	0,1386
Cu	-0,1348	,4983*	,9108**	1	,7449**	,7558**	,6725**	,7592**	,8521**	0,4326	0,4249	0,2726	,5285*	,5394*	,5806**	,6783**	0,405	0,2697
Cd	-0,3004	,6136**	,6135**	,7449**	1	,8402**	,6195**	0,4476	,8352**	0,4438	,6222**	0,4068	0,4539	,5391*	,6181**	,6007**	,5686*	0,3213
Ni	-0,1766	0,264	,6548**	,7558**	,8402**	1	,8622**	,5492*	,7813**	,5091*	,6898**	,5541*	,5663*	,6890**	,7563**	,7305**	,6714**	0,3987
Co	0,2308	0,0939	,5543*	,6725**	,6195**	,8622**	1	,5675*	,5541*	0,3039	,7225**	0,197	0,3075	0,4294	,5283*	0,4789	0,1958	0,1646
Fe	-0,0384	0,0882	,8444**	,7592**	0,4476	,5492*	,5675*	1	,6906**	0,2948	0,2479	0,2822	,6281**	,6677**	,5994**	,7452**	0,4243	0,2341
Mg	-0,2056	0,4148	,7581**	,8521**	,8352**	,7813**	,5541*	0,197	0,2822	0,1592	0,0779	0,1592	0,4628	,5019*	,5510*	,6534**	,6132**	0,2712
Ca	0,2386	0,3389	0,3162	0,4326	0,4438	,5091*	0,3039	0,2948	0,3184	1	0,1941	0,0779	0,0167	0,2196	0,2028	0,2476	0,4261	,7958**
Mn	0,0692	0,289	0,2544	0,4249	,6222**	,6898**	,7225**	0,2479	0,4709	0,1941	1	0,2604	0,1891	0,2513	0,4057	0,2748	0,1475	0,1283
Na	-,5651*	-0,2102	0,3538	0,2726	0,4068	,5541*	0,197	0,2822	0,1592	0,0779	0,2604	1	,7126**	,8649**	,8677**	,7661**	,5063*	0,2465
Al	-0,4324	0,0303	,6681**	,5285*	0,4539	,5663*	0,3075	,6281**	0,4628	0,0167	0,1891	,7126**	1	,7903**	,8600**	,8612**	,5365*	0,1035
K	-0,4494	-0,1304	,6416**	,5394*	,5391*	,6890**	0,4294	,6677**	,5019*	0,2196	0,2513	,8649**	,7903**	1	,9260**	,9194**	,6827**	0,2986
Cr	-0,4345	-0,0318	,6668**	,5806**	,6181**	,7563**	,5283*	,5994**	,5510*	0,2028	0,4057	,8677**	,8600**	,9260**	1	,9411**	,6278**	0,2509
V	-,4644*	-0,0263	,8052**	,6783**	,6007**	,7305**	0,4789	,7452**	,6534**	0,2476	0,2748	,7661**	,8612**	,9194**	,9411**	1	,6432**	0,2032
Corg	-0,3138	-0,0256	0,4261	0,405	,5686*	,6714**	0,1958	0,4243	,6132**	0,4261	0,1475	,5063*	,5365*	,6827**	,6278**	,6432**	1	0,4629
C	0,2576	0,1183	0,1386	0,2697	0,3213	0,3987	0,1646	0,2341	0,2712	,7958**	0,1283	0,2465	0,1035	0,2986	0,2509	0,2032	0,4629	1

Heiningen Wald - untere Bodenhorizonte (Feinsandfraktion) -

	pH	Zn	Pb	Cu	Cd	Ni	Co	Fe	Mg	Ca	Mn	Na	Al	K	Cr	V	Corg	C
pH	1	-0,3007	-0,126	-0,2202	-0,2092	0,248	0,4957	0,5057	0,3375	-0,249	0,5547	0,5221	-0,0905	0,2743	-0,1208	-0,146	-0,2586	-0,3804
Zn	-0,3007	1	,7120*	0,5535	0,2737	-0,3712	-0,4007	-0,3422	-0,2172	0,6146	-0,1436	0,1349	0,2415	-0,3256	-0,1296	-0,0302	,8677**	,7158*
Pb	-0,126	,7120*	1	,8834**	0,3305	-0,0452	-0,1314	0,1592	0,278	,7043*	-0,0271	0,0215	0,504	0,0354	0,1447	0,1599	,7635**	0,4131
Cu	-0,2202	0,5535	,8834**	1	0,54	0,2664	-0,0066	0,2615	0,4438	,8185**	-0,1826	0,11	,7841**	0,3451	0,5206	0,5154	,7224*	0,3833
Cd	-0,2092	0,2737	0,3305	0,54	1	0,3344	0,1936	0,0127	0,1744	0,5035	-0,377	-0,1028	,6722*	0,3566	0,5652	0,4326	0,2805	-0,0457
Ni	0,248	-0,3712	-0,0452	0,2664	0,3344	1	,7135*	,9368**	,8730**	0,2423	0,3657	0,3171	,6975*	,9289**	,8854**	,8512**	-0,1828	0,0631
Co	0,4957	-0,4007	-0,1314	-0,0066	0,1936	,7135*	1	,6520*	0,5986	-0,17	0,4454	0,1019	0,2204	0,5046	0,4189	0,3112	-0,4305	-0,0474
Fe	0,5057	-0,3422	0,1592	0,2615	0,0127	,9368**	,6520*	1	,9348**	0,3324	0,5148	0,0985	0,4941	,8363**	,6655*	0,6102	0,0065	0,0993
Mg	0,3375	-0,2172	0,278	0,4438	0,1744	,8730**	0,5986	,9348**	1	0,3933	0,1919	0,1202	0,5658	,8179**	,7494*	,6696*	0,1636	0,2115
Ca	-0,2488	0,6146	,7043*	,8185**	0,5035	0,2423	-0,1703	0,3324	0,3933	1	0,0462	-0,1417	,7640*	0,2504	0,446	0,5245	,8131**	,7309*
Mn	0,5547	-0,1436	-0,0271	-0,1826	-0,377	0,3657	0,4454	0,5148	0,1919	0,0462	1	-0,0218	0,0411	0,1896	0,0134	0,0785	-0,1954	0,1079
Na	0,5221	0,1349	0,0215	0,11	-0,1028	0,3171	0,1019	0,0985	0,1202	-0,142	-0,0218	1	0,2335	0,5635	0,269	0,3542	0,1111	-0,0351
Al	-0,0905	0,2415	0,504	,7841**	,6722*	,6975*	0,2204	0,4941	0,5658	,7640*	0,0411	0,2335	1	,7416**	,8793**	,8675**	0,4418	0,2507
K	0,2743	-0,3256	0,0354	0,3451	0,3566	,9289**	0,5046	,8363**	,8179**	0,2504	0,1896	0,5635	,7416**	1	,8869**	,8645**	-0,064	-0,0674
Cr	-0,1208	-0,1296	0,1447	0,5206	0,5652	,8854**	0,4189	,6655*	,7494*	0,446	0,0134	0,269	,8793**	,8869**	1	,9672**	0,0791	0,1612
V	-0,146	-0,0302	0,1599	0,5154	0,4326	,8512**	0,3112	0,6102	,6696*	0,5245	0,0785	0,3542	,8675**	,8645**	,9672**	1	0,2028	0,3514
Corg	-0,2586	,8677**	,7635**	,7224*	0,2805	-0,1828	-0,4305	0,0065	0,1636	,8131**	-0,1954	0,1111	0,4418	-0,064	0,0791	0,2028	1	,7350*
C	-0,3804	,7158*	0,4131	0,3833	-0,0457	0,0631	-0,0474	0,0993	0,2115	,7309*	0,1079	-0,0351	0,2507	-0,0674	0,1612	0,3514	,7350*	1

Vienenburg Acker - obere Bodenhorizonte (Feinsandfraktion) -

	pH	Zn	Pb	Cu	Cd	Ni	Co	Fe	Mg	Ca	Mn	Na	Al	K	Cr	V	Corg	C
pH	1	-0,3629	-,6152*	-0,5367	0,0447	0,3416	,7193**	0,4458	0,4905	-,6591*	-,6237*	0,2196	,6711*	-0,0973	,8156**	,7122*	-,6094*	-,6824*
Zn	-0,3629	1	,7639**	,8665**	-0,1497	-0,5219	-0,0456	0,178	-0,2524	0,2487	,6276*	-0,4369	-0,2082	-0,3689	-0,4176	0,0399	0,1862	0,1973
Pb	-,6152*	,7639**	1	,8354**	0,1015	-,7094**	-0,1561	-0,4062	-0,5292	0,4373	,6271*	-0,3423	-0,5075	-0,281	-,7281**	-0,3545	0,3406	0,4493
Cu	-0,5367	,8665**	,8354**	1	0,0854	-0,522	-0,2274	-0,5918	-0,596	0,3269	0,5021	-0,3067	-0,5387	-0,3533	-0,595	-0,3483	0,3772	0,3325
Cd	0,0447	-0,1497	0,1015	0,0854	1	-0,013	0,5111	-0,1699	0,5705	-0,004	-0,3059	0,4954	0,5978	0,4685	0,0592	0,466	0,0812	0,0999
Ni	0,3416	-0,5219	-,7094**	-0,522	-0,013	1	0,1579	-0,2458	0,331	-0,176	-0,4752	0,3398	0,0251	0,4469	0,5454	0,1953	0,0433	-0,1231
Co	,7193**	-0,0456	-0,1561	-0,2274	0,5111	0,1579	1	0,338	0,5677	-0,409	-0,4311	0,2925	,6493*	0,2361	,6115*	,7979**	-0,3748	-0,3788
Fe	0,4458	0,178	-0,4062	-0,5918	-0,1699	-0,2458	0,338	1	0,5061	-0,291	0,0225	-0,1539	0,5965	-0,0382	0,5416	0,6119	-0,325	-0,4244
Mg	0,4905	-0,2524	-0,5292	-0,596	0,5705	0,331	0,5677	0,5061	1	0,2005	-0,092	0,3024	,7572**	0,2818	0,5705	0,5114	-0,0128	0,1728
Ca	-,6591*	0,2487	0,4373	0,3269	-0,0044	-0,1763	-0,4093	-0,2913	0,2005	1	,8457**	-0,4047	-0,3618	-0,0708	-0,5919	-0,5118	,8580**	,9779**
Mn	-,6237*	,6276*	,6271*	0,5021	-0,3059	-0,4752	-0,4311	0,0225	-0,092	,8457**	1	-,6292*	-0,4157	-0,3319	-,5846*	-0,3911	,6609*	,7782**
Na	0,2196	-0,4369	-0,3423	-0,3067	0,4954	0,3398	0,2925	-0,1539	0,3024	-0,405	-,6292*	1	0,596	,6243*	0,4925	0,4293	-0,4239	-0,3449
Al	,6711*	-0,2082	-0,5075	-0,5387	0,5978	0,0251	,6493*	0,5965	,7572**	-0,362	-0,4157	0,596	1	0,2975	,7759**	,7485**	-0,5388	-0,3896
K	-0,0973	-0,3689	-0,281	-0,3533	0,4685	0,4469	0,2361	-0,0382	0,2818	-0,071	-0,3319	,6243*	0,2975	1	0,3332	0,4069	0,077	0,0415
Cr	,8156**	-0,4176	-,7281**	-0,595	0,0592	0,5454	,6115*	0,5416	0,5705	-0,592	-,5846*	0,4925	,7759**	0,3332	1	,9537**	-0,4578	-,6094*
V	,7122*	0,0399	-0,3545	-0,3483	0,466	0,1953	,7979**	0,6119	0,5114	-0,512	-0,3911	0,4293	,7485**	0,4069	,9537**	1	-0,3416	-0,5002
Corg	-,6094*	0,1862	0,3406	0,3772	0,0812	0,0433	-0,3748	-0,325	-0,0128	,8580**	,6609*	-0,4239	-0,5388	0,077	-0,4578	-0,3416	1	,9019**
C	-,6824*	0,1973	0,4493	0,3325	0,0999	-0,1231	-0,3788	-0,4244	0,1728	,9779**	,7782**	-0,3449	-0,3896	0,0415	-,6094*	-0,5002	,9019**	1

Vienenburg Grünland - obere Bodenhorizonte (Feinsandfraktion) -

	pH	Zn	Pb	Cu	Cd	Ni	Co	Fe	Mg	Ca	Mn	Na	Al	K	Cr	V	Corg	C
pH	1	-0,3581	-0,5202	-0,2543	0,4924	0,2524	0,528	0,5429	0,3656	-0,123	-0,3525	0,4077	0,4685	0,3407	0,4451	-0,3238	-,6429*	-0,0701
Zn	-0,3581	1	,6541*	,9166**	0,2538	-0,6008*	-0,4504	-,6634*	-0,4269	,7005*	-0,0313	-0,0235	-0,3443	-0,0086	-0,5356	,7670**	,8700**	,6450*
Pb	-0,5202	,6541*	1	,6123*	-0,2179	-0,3176	-,8197**	-0,5752	-0,2759	,8179**	-0,0353	-0,2923	-0,3614	-0,208	-,7892**	0,2617	,8314**	,6517*
Cu	-0,2543	,9166**	,6123*	1	0,4183	-0,2787	-0,253	-0,4641	-0,2268	,6538*	-0,3075	0,1943	-0,0982	0,1905	-0,3097	,6844*	,7373**	0,4763
Cd	0,4924	0,2538	-0,2179	0,4183	1	0,0121	0,5632	0,1354	0,0053	0,0828	-,5901*	,5801*	0,3177	0,4778	0,3734	0,2492	0,0193	0,4203
Ni	0,2524	-,6008*	-0,3176	-0,2787	0,0121	1	0,4618	,6584*	,6956*	-0,283	-0,4881	0,5424	,6905*	0,5411	,7580**	-,6299*	-0,5021	,7303*
Co	0,528	-0,4504	-,8197**	-0,253	0,5632	0,4618	1	0,4826	0,1837	-,7521*	-0,4394	0,5272	0,3774	0,3754	,8706**	-0,2623	-,7232*	-0,592
Fe	0,5429	-,6634*	-0,5752	-0,4641	0,1354	,6584*	0,4826	1	,8567**	-0,397	-0,0466	0,4798	,8481**	0,5359	0,4902	-0,4994	-,6705*	-,7211*
Mg	0,3656	-0,4269	-0,2759	-0,2268	0,0053	,6956*	0,1837	,8567**	1	-0,026	-0,0481	,5944*	,9430**	,7125**	0,4385	-0,2835	-0,3607	-0,6078
Ca	-0,1234	,7005*	,8179**	,6538*	0,0828	-0,2834	-,7521*	-0,3972	-0,0256	1	-0,225	0,0669	-0,0379	0,1213	-,6624*	0,4747	,6832*	,6997*
Mn	-0,3525	-0,0313	-0,0353	-0,3075	-,5901*	-0,4881	-0,4394	-0,0466	-0,0481	-0,225	1	-,6123*	-0,2374	-0,4532	-0,4302	0,1035	0,0608	-0,184
Na	0,4077	-0,0235	-0,2923	0,1943	,5801*	0,5424	0,5272	0,4798	,5944*	0,0669	-,6123*	1	,7666**	,9585**	0,5551	0,2129	0,019	-0,2565
Al	0,4685	-0,3443	-0,3614	-0,0982	0,3177	,6905*	0,3774	,8481**	,9430**	-0,038	-0,2374	,7666**	1	,8473**	0,5628	-0,1214	-0,3558	-0,5558
K	0,3407	-0,0086	-0,208	0,1905	0,4778	0,5411	0,3754	0,5359	,7125**	0,1213	-0,4532	,9585**	,8473**	1	0,4369	0,2273	0,0355	-0,3292
Cr	0,4451	-0,5356	-,7892**	-0,3097	0,3734	,7580**	,8706**	0,4902	0,4385	-,6624*	-0,4302	0,5551	0,5628	0,4369	1	-0,1167	-,6905*	-0,6189
V	-0,3238	,7670**	0,2617	,6844*	0,2492	-0,6299*	-0,2623	-0,4994	-0,2835	0,4747	0,1035	0,2129	-0,1214	0,2273	-0,1167	1	,7765**	0,5031
Corg	-,6429*	,8700**	,8314**	,7373**	0,0193	-0,5021	-,7232*	-,6705*	-0,3607	,6832*	0,0608	0,019	-0,3558	0,0355	-,6905*	,7765**	1	0,5849
C	-0,0701	,6450*	,6517*	0,4763	0,4203	-,7303*	-0,592	-,7211*	-0,6078	,6997*	-0,184	-0,2565	-0,5558	-0,3292	-0,6189	0,5031	0,5849	1

Vienenburg Wald - obere Bodenhorizonte (Feinsandfraktion) -

	pH	Zn	Pb	Cu	Cd	Ni	Co	Fe	Mg	Ca	Mn	Na	Al	K	Cr	V	Corg	C
pH	1	0,1457	-0,4092	-0,4303	0,0896	,7216*	0,6117	-0,3019	0,3042	0,4404	,8954**	0,3043	-0,1287	0,5139	0,3691	,7545*	-0,5251	0,274
Zn	0,1457	1	0,5787	0,5334	0,2367	0,0172	0,6829	0,4464	-0,0087	-0,044	0,016	0,1059	0,0891	-0,0419	0,1936	0,0969	-0,5064	0,1491
Pb	-0,4092	0,5787	1	0,4461	0,5732	-0,6132	0,0311	0,1212	-0,654	-0,071	-0,5198	0,1682	-0,2132	-0,2487	-0,2589	-0,4672	-0,0916	0,4109
Cu	-0,4303	0,5334	0,4461	1	0,1825	-0,3092	-0,3474	0,4137	-0,1595	0,3417	-0,3887	0,2408	0,3497	-0,5895	0,1822	-0,4658	0,403	0,1786
Cd	0,0896	0,2367	0,5732	0,1825	1	-0,0036	-0,0255	-0,6073	-0,4266	0,6683	0,1902	0,5585	-0,0665	0,3055	-0,0258	-0,0129	0,2371	,9562**
Ni	,7216*	0,0172	-0,6132	-0,3092	-0,0036	1	0,5425	-0,1028	,8100*	0,3459	,9269**	0,2513	0,6396	,7884*	,8099*	,9066**	-0,1361	0,0764
Co	0,6117	0,6829	0,0311	-0,3474	-0,0255	0,5425	1	0,3378	0,4289	-0,146	0,5233	-0,0475	0,1026	0,5146	0,3757	0,6655	-,7471*	-0,0656
Fe	-0,3019	0,4464	0,1212	0,4137	-0,6073	-0,1028	0,3378	1	0,5027	-0,632	-0,3753	-0,1488	0,5061	-0,1976	0,461	0,0132	-0,4037	-0,6771
Mg	0,3042	-0,0087	-0,654	-0,1595	-0,4266	,8100*	0,4289	0,5027	1	-0,142	0,5446	-0,1142	,9568**	0,6699	,8349*	,7420*	-0,1014	-0,4243
Ca	0,4404	-0,0439	-0,0706	0,3417	0,6683	0,3459	-0,146	-0,6321	-0,1416	1	0,5487	,7259*	0,0386	0,1859	0,2403	0,1287	0,3872	,8156*
Mn	,8954**	0,016	-0,5198	-0,3887	0,1902	,9269**	0,5233	-0,3753	0,5446	0,5487	1	0,3885	0,2612	0,7332	0,5876	,8654**	-0,2162	0,3284
Na	0,3043	0,1059	0,1682	0,2408	0,5585	0,2513	-0,0475	-0,1488	-0,1142	,7259*	0,3885	1	0,4278	0,3189	,7601*	0,1299	0,2148	0,6506
Al	-0,1287	0,0891	-0,2132	0,3497	-0,0665	0,6396	0,1026	0,5061	,9568**	0,0386	0,2612	0,4278	1	0,6995	,8470*	0,5636	0,3034	-0,1303
K	0,5139	-0,0419	-0,2487	-0,5895	0,3055	,7884*	0,5146	-0,1976	0,6699	0,1859	0,7332	0,3189	0,6995	1	0,6803	,8454*	-0,1395	0,2617
Cr	0,3691	0,1936	-0,2589	0,1822	-0,0258	,8099*	0,3757	0,461	,8349*	0,2403	0,5876	,7601*	,8470*	0,6803	1	,8213*	-0,048	0,0269
V	,7545*	0,0969	-0,4672	-0,4658	-0,0129	,9066**	0,6655	0,0132	,7420*	0,1287	,8654**	0,1299	0,5636	,8454*	,8213*	1	-0,4521	0,0524
Corg	-0,5251	-0,5064	-0,0916	0,403	0,2371	-0,1361	-,7471*	-0,4037	-0,1014	0,3872	-0,2162	0,2148	0,3034	-0,1395	-0,048	-0,4521	1	0,1984
C	0,274	0,1491	0,4109	0,1786	,9562**	0,0764	-0,0656	-0,6771	-0,4243	,8156*	0,3284	0,6506	-0,1303	0,2617	0,0269	0,0524	0,1984	1

B.3.2 Korrelationsmatrix ausgewählte Proben Tonfraktion

Heiningen Acker - obere Bodenhorizonte (Tonfraktion) -

	pH	Zn	Pb	Cu	Cd	Ni	Co	Fe	Mg	Ca	Mn	Na	Al	K	Cr	V	Corg	C
pH	1	-0,3313	0,4707	0,4182	Cd	-0,197	-0,1903	-0,3684	-0,4116	0,3108	-0,417	-0,3256	-0,4219	-0,3931	-0,3356	-0,2132	0,1375	0,2278
Zn	-0,3313	1	0,4449	0,3616	,8409**	,6362**	,7662**	,7501**	0,4426	0,1886	0,4923	0,171	,6918**	,6517**	0,3404	0,4359	-0,0578	0,1434
Pb	0,4707	0,4449	1	,7868**	,4948*	0,3104	0,3482	0,328	-0,2083	0,1973	0,0215	0,1441	0,1024	0,0832	-0,0605	0,1001	0,1027	0,3035
Cu	0,4182	0,3616	,7868**	1	0,2625	0,0208	0,1686	0,3676	-0,2074	0,0204	-0,1776	-0,1064	-0,0553	0,0257	-0,1934	-0,1208	-0,0119	0,0914
Cd	-0,2184	,8409**	,4948*	0,2625	1	,5971**	,7330**	,6281**	0,2201	0,191	0,4614	0,2887	,5811*	,5118*	0,277	0,3812	-0,3136	-0,0716
Ni	-0,197	,6362**	0,3104	0,0208	,5971**	1	,7571**	0,4079	,6871**	0,0312	0,2927	0,4597	,7993**	,7911**	,8362**	,8831**	-0,187	0,1733
Co	-0,1903	,7662**	0,3482	0,1686	,7330**	,7571**	1	,6041**	,5435*	-0,207	0,4033	,5205*	,7468**	,6529**	,5721*	,5580*	-0,3917	-0,1884
Fe	-0,3684	,7501**	0,328	0,3676	,6281**	0,4079	,6041**	1	,4969*	-0,212	0,2335	0,3451	,5196*	,5430*	0,3342	0,3316	-0,082	-0,2672
Mg	-0,4116	0,4426	-0,2083	-0,2074	0,2201	,6871**	,5435*	,4969*	1	-0,118	0,279	0,4229	,8579**	,8403**	,8524**	,7855**	-0,0648	-0,1035
Ca	0,3108	0,1886	0,1973	0,0204	0,191	0,0312	-0,2074	-0,2117	-0,1179	1	0,2736	-0,4344	-0,1645	0,022	-0,1744	0,1268	0,2718	,5442*
Mn	-0,417	0,4923	0,0215	-0,1776	0,4614	0,2927	0,4033	0,2335	0,279	0,2736	1	,6053*	,6417**	0,3829	0,1158	0,1423	0,1572	0,1785
Na	-0,3256	0,171	0,1441	-0,1064	0,2887	0,4597	,5205*	-0,207	-0,434	,6053*	1	0,4418	0,2976	,4948*	0,2985	0,1206	-0,1297	
Al	-0,4219	,6918**	0,1024	-0,0553	,5811*	,7993**	,7468**	,5196*	,8579**	-0,165	,6417**	0,4418	1	,9187**	,9402**	,8357**	-0,3704	-0,1612
K	-0,3931	,6517**	0,0832	0,0257	,5118*	,7911**	,6529**	,5430*	,8403**	0,022	0,3829	0,2976	,9187**	1	,8674**	,8563**	-0,2622	-0,1017
Cr	-0,3356	0,3404	-0,0605	-0,1934	0,277	,8362**	,5721*	0,3342	,8524**	-0,174	0,1158	,4948*	,9402**	,8674**	1	,9240**	-0,2315	-0,1195
V	-0,2132	0,4359	0,1001	-0,1208	0,3812	,8831**	,5580*	0,3316	,7855**	0,1268	0,1423	0,2985	,8357**	,8563**	,9240**	1	-0,2235	0,0357
Corg	0,1375	-0,0578	0,1027	-0,0119	-0,3136	-0,187	-0,3917	-0,082	-0,0648	0,2718	0,1572	0,1206	-0,3704	-0,2622	-0,2315	-0,2235	1	,6203**
C	0,2278	0,1434	0,3035	0,0914	-0,0716	0,1733	-0,1884	-0,2672	-0,1035	,5442*	0,1785	-0,1297	-0,1612	-0,1017	-0,1195	0,0357	,6203**	1

Heiningen Acker - untere Bodenhorizonte (Tonfraktion) -

	pH	Zn	Pb	Cu	Cd	Ni	Co	Fe	Mg	Ca	Mn	Na	Al	K	Cr	V	Corg	C
pH	1	0,303	0,3595	0,1907	0,0457	-0,2175	-0,1079	0,3892	-0,1817	0,2348	0,0476	0,2248	-0,3286	-0,0587	0,3295	0,0198	-0,052	0,0107
Zn	0,303	1	,8695**	,8275**	0,5435	-0,6187*	0,1928	-0,214	-0,33	-0,112	0,4268	-0,1761	-0,2506	-0,3771	-0,2688	-0,4731	0,3093	0,0421
Pb	0,3595	,8695**	1	,7996**	,6618*	-0,36	0,0024	-0,0235	-0,0342	0,1995	0,5448	0,0947	0,131	-0,0672	0,1148	-0,093	0,4323	0,1832
Cu	0,1907	,8275**	,7996**	1	,8372**	-0,199	-0,257	-0,0743	-0,2489	-0,06	0,0975	-0,2045	0,022	-0,4516	-0,2903	-0,2457	0,4437	0,1333
Cd	0,0457	0,5435	,6618*	,8372**	1	-0,0151	-0,3613	0,0901	-0,1344	0,1797	-0,0267	-0,288	0,2776	-0,3849	-0,2216	0,1043	0,5001	0,1499
Ni	-0,2175	-0,6187*	-0,36	-0,199	-0,0151	1	-0,5874	0,2867	0,537	-0,028	-0,4004	0,2777	0,3946	0,3237	0,5146	0,5737	0,4593	0,4796
Co	-0,1079	0,1928	0,0024	-0,257	-0,3613	-0,5874	1	-0,0682	0,1613	-0,206	0,5253	-0,5176	-0,4707	-0,2115	-0,0441	-0,148	-0,2578	0,0045
Fe	0,3892	-0,214	-0,0235	-0,0743	0,0901	0,2867	-0,0682	1	0,1707	0,3744	-0,0007	-0,0621	-0,2209	-0,2761	0,4397	0,3372	-0,2133	-0,0428
Mg	-0,1817	-0,33	-0,0342	-0,2489	-0,1344	0,537	0,1613	0,1707	1	-0,088	0,1663	0,3195	0,3182	0,4537	0,5629	0,5743	0,3076	,6374*
Ca	0,2348	-0,1122	0,1995	-0,0598	0,1797	-0,0281	-0,2055	0,3744	-0,0878	1	0,3749	0,1171	,6488*	0,2407	0,5673	,5938*	-0,1657	-0,2727
Mn	0,0476	0,4268	0,5448	0,0975	-0,0267	-0,4004	0,5253	-0,0007	0,1663	0,3749	1	0,1628	0,1302	0,2914	0,3737	0,0066	-0,0704	-0,114
Na	0,2248	-0,1761	0,0947	-0,2045	-0,288	0,2777	-0,5176	-0,0621	0,3195	0,1171	0,1628	1	0,3117	,7952**	0,4638	0,0356	-0,0119	-0,0046
Al	-0,3286	-0,2506	0,131	0,022	0,2776	0,3946	-0,4707	-0,2209	0,3182	,6488*	0,1302	0,3117	1	,6905*	0,5857	,8696**	0,3178	0,1728
K	-0,0587	-0,3771	-0,0672	-0,4516	-0,3849	0,3237	-0,2115	-0,2761	0,4537	0,2407	0,2914	,7952**	,6905*	1	0,5255	0,3954	0,0018	0,0633
Cr	0,3295	-0,2688	0,1148	-0,2903	-0,2216	-0,0441	0,4397	0,5629	0,5673	0,3737	0,4638	0,5857	0,5255	1	,6731*	0,1524	0,3882	
V	0,0198	-0,4731	-0,093	-0,2457	0,1043	0,5737	-0,148	0,3372	0,5743	,5938*	0,0066	0,0356	,8696**	0,3954	,6731*	1	0,1315	0,365
Corg	-0,052	0,3093	0,4323	0,4437	0,5001	0,4593	-0,2578	-0,2133	0,3076	-0,166	-0,0704	-0,0119	0,3178	0,0018	0,1524	0,1315	1	,8380**
C	0,0107	0,0421	0,1832	0,1333	0,1499	0,4796	0,0045	-0,0428	,6374*	-0,273	-0,114	-0,0046	0,1728	0,0633	0,3882	0,365	,8380**	1

Heiningen Grünland - obere Bodenhorizonte (Tonfraktion) -

	pH	Zn	Pb	Cu	Cd	Ni	Co	Fe	Mg	Ca	Mn	Na	Al	K	Cr	V	Corg	C
pH	1	-0,0505	-0,406	0,3394	-0,2205	-0,6638*	0,0437	0,3498	0,2884	0,2023	0,0348	-0,3422	0,2668	0,2761	-0,3176	-0,3485	-0,4687	0,0934
Zn	-0,0505	1	0,4245	0,1793	,7694**	0,2287	0,4983	0,5606	0,5687	0,1881	0,2778	0,2113	,6781*	0,2538	,7705**	0,1257	0,2311	0,0261
Pb	-0,406	0,4245	1	0,4144	,5974*	0,406	0,3675	,6510*	0,318	-0,015	0,3185	0,4721	0,4569	0,1473	0,3583	-0,3073	-0,2736	-0,7298*
Cu	0,3394	0,1793	0,4144	1	0,021	-0,0582	-0,1251	,6851*	,7118*	-0,022	-0,0432	0,4194	0,285	0,2192	0,0959	-0,4309	-0,7024*	-0,7211*
Cd	-0,2205	,7694**	,5974*	0,021	1	0,4085	,6572*	0,4899	0,0561	0,389	0,4434	0,2418	0,5396	0,1033	0,5241	0,1443	0,2326	-0,2478
Ni	-0,6638*	0,2287	0,406	-0,0582	0,4085	1	-0,1389	-0,0986	-0,3429	0,2124	-0,1537	0,4968	-0,2754	-0,2825	,6878*	0,1762	0,2637	-0,021
Co	0,0437	0,4983	0,3675	-0,1251	,6572*	-0,1389	1	0,5029	0,1086	-0,179	,6592*	-0,2085	,6559*	0,6039	0,3417	-0,1813	0,4451	0,0173
Fe	0,3498	0,5606	,6510*	,6851*	0,4899	-0,0986	0,5029	1	,7457**	0,0182	0,3979	0,1108	,8168**	0,5838	0,3316	-0,6750*	-0,534	-0,542
Mg	0,2884	0,5687	0,318	,7118*	0,0561	-0,3429	0,1086	,7457**	1	-0,298	-0,0882	0,2679	,6700*	0,3462	0,3797	-0,3454	-0,3474	-0,3782
Ca	0,2023	0,1881	-0,0151	-0,0224	0,389	0,2124	-0,1793	0,0182	-0,2981	1	0,0258	0,4895	-0,24	-0,7317*	-0,1222	0,5313	-0,013	0,0462
Mn	0,0348	0,2778	0,3185	-0,0432	0,4434	-0,1537	,6592*	0,3979	-0,0882	0,0258	1	-0,3235	0,1773	0,588	-0,2592	0,0986	0,0091	0,0563
Na	-0,3422	0,2113	0,4721	0,4194	0,2418	0,4968	-0,2085	0,1108	0,2679	0,4895	-0,3235	1	-0,1104	-0,5697	0,2909	0,1989	0,1268	-0,3209
Al	0,2668	,6781*	0,4569	0,285	0,5396	-0,2754	,6559*	,8168**	,6700*	-0,24	0,1773	-0,1104	1	,7007*	0,5247	-0,4267	-0,1749	-0,372
K	0,2761	0,2538	0,1473	0,2192	0,1033	-0,2825	0,6039	0,5838	0,3462	-0,7317*	0,588	-0,5697	,7007*	1	0,1572	-0,3376	-0,0572	0,0024
Cr	-0,3176	,7705**	0,3583	0,0959	0,5241	,6878*	0,3417	0,3316	0,3797	-0,122	-0,2592	0,2909	0,5247	0,1572	1	-0,2078	0,3809	0,0793
V	-0,3485	0,1257	-0,3073	-0,4309	0,1443	0,1762	-0,1813	-0,6750*	-0,3454	0,5313	0,0986	0,1989	-0,4267	-0,3376	-0,2078	1	0,6311	0,6515
Corg	-0,4687	0,2311	-0,2736	-0,7024*	0,2326	0,2637	0,4451	-0,534	-0,3474	-0,013	0,0091	0,1268	-0,1749	-0,0572	0,3809	0,6311	1	,7926*
C	-0,0934	0,0261	-0,7298*	-0,7211*	-0,2478	-0,021	0,0173	-0,542	-0,3782	0,0462	0,0563	-0,3209	-0,372	0,0024	0,0793	0,6515	,7926*	1

Heiningen Grünland - untere Bodenhorizonte (Tonfraktion) -

	pH	Zn	Pb	Cu	Cd	Ni	Co	Fe	Mg	Ca	Mn	Na	Al	K	Cr	V	Corg	C
pH		.7375*	.8444**	.7596*	0.61	0.539	0.5983	0.6826	-0.0776	0.6145	.7142*	-0.1376	-0.3184	-0.0995	-0.2154	0.1033	0.255	0.5066
Zn	.7375*	1	.9111**	.9398**	.7696*	0.5972	0.4233	.7972*	-0.3123	0.577	.7728*	-0.3811	-0.5903	-0.3651	-0.558	-0.2727	0.0862	0.4684
Pb	.8444**	.9111**	1	.9724**	0.6609	0.4877	0.2593	.8336*	-0.2205	0.5625	.7156*	-0.3981	-0.5626	-0.3591	-0.5433	-0.3395	-0.1413	0.4302
Cu	.7596*	.9398**	.9724**	1	0.687	0.4868	0.2527	.8346**	-0.4053	0.5823	.7783*	-0.4177	-.7133*	-0.5369	-0.6838	-0.4628	-0.1989	0.4843
Cd	0.61	.7696*	0.6609	0.687	1	.9433**	0.4514	0.4956	-0.3931	0.1913	0.5654	0.2529	-0.2424	-0.3152	-0.1516	0.0738	0.3294	0.0454
Ni	0.539	0.5972	0.4877	0.4868	.9433**	1	0.441	0.3759	-0.2342	0.1157	0.4288	0.3913	-0.0116	-0.1573	0.0708	0.3036	0.4413	0.0251
Co	0.5983	0.4233	0.2593	0.2527	0.4514	0.441	1	0.3243	-0.0883	0.5618	0.653	0.2305	-0.106	0.1174	0.1214	0.5306	0.7409	0.5
Fe	0.6826	.7972*	.8336*	.8346**	0.4956	0.3759	0.3243	1	-0.0567	.8340*	.8526**	-0.3949	-0.5598	-0.3181	-0.4817	-0.2298	-0.2948	0.7254
Mg	-0.0776	-0.3123	-0.2205	-0.4053	-0.3931	-0.2342	-0.0883	-0.0567	1	-0.054	-0.3899	-0.0323	.7400*	.8993**	0.6654	0.5539	0.2942	-0.2337
Ca	0.6145	0.577	0.5625	0.5823	0.1913	0.1157	0.5618	.8340*	-0.0535	1	.8812**	-0.4313	-0.5793	-0.2404	-0.4449	-0.0734	-0.0923	.9827**
Mn	.7142*	.7728*	.7156*	.7783*	0.5654	0.4288	0.653	.8526**	-0.3899	.8812**	1	-0.2014	-0.7026	-0.4802	-0.5223	-0.1416	0.003	.8259*
Na	-0.1376	-0.3811	-0.3981	-0.4177	0.2529	0.3913	0.2305	-0.3949	-0.0323	-0.431	-0.2014	1	0.5302	0.1848	0.6929	0.6283	0.41	-0.4948
Al	-0.3184	-0.5903	-0.5626	-.7133*	-0.2424	-0.0116	-0.106	-0.5598	.7400*	-0.579	-0.7026	0.5302	1	.8619**	.9543**	.7614*	0.5746	-8132*
K	-0.0995	-0.3651	-0.3591	-0.5369	-0.3152	-0.1573	0.1174	-0.3181	.8993**	-0.24	-0.4802	0.1848	.8619**	1	.8227*	.7404*	0.7544	-0.4378
Cr	-0.2154	-0.558	-0.5433	-0.6838	-0.1516	0.0708	0.1214	-0.4817	0.6654	-0.445	-0.5223	0.6929	.9543**	.8227*	1	.8792**	0.6656	-0.6354
V	0.1033	-0.2727	-0.3395	-0.4628	0.0738	0.3036	0.5306	-0.2298	0.5539	-0.073	-0.1416	0.6283	.7614*	.7404*	.8792**	1	.9140*	-0.1069
Corg	0.255	0.0862	-0.1413	-0.1989	0.3294	0.4413	0.7409	-0.2948	0.2942	-0.092	0.003	0.41	0.5746	0.7544	0.6656	.9140*	1	-0.089
C	0.5066	0.4684	0.4302	0.4843	0.0454	0.0251	0.5	0.7254	-0.2337	.9827**	.8259*	-0.4948	-.8132*	-0.4378	-0.6354	-0.1069	-0.089	1

Heiningen Wald - obere Bodenhorizonte (Tonfraktion) -

	pH	Zn	Pb	Cu	Cd	Ni	Co	Fe	Mg	Ca	Mn	Na	Al	K	Cr	V	Corg	C
pH	1	0.3321	-0.0687	0.2063	0.1045	-0.0445	-0.0848	-0.2243	-0.0906	.6732**	0.0555	-0.2134	-0.259	-0.2726	-0.4061	-0.4227	-0.0012	.5923**
Zn	0.3321	1	.5494*	.5991**	.7448**	0.1237	0.3702	0.1173	-0.0813	.5348*	0.1577	-0.0004	-0.1252	-0.139	-0.1499	-0.0429	-0.4452	-0.0374
Pb	-0.0687	.5494*	1	.7777**	0.4379	0.1798	0.3754	0.2966	0.3391	0.1355	0.0592	0.3335	0.2232	0.4315	0.1253	0.4297	-0.1614	-0.0234
Cu	0.2063	.5991**	.7777**	1	.4864*	0.1707	.5567*	.5025*	0.2338	0.2939	0.3775	0.0726	-0.0037	0.0768	-0.1317	0.0887	-0.3724	-0.0193
Cd	0.1045	.7448**	0.4379	.4864*	1	.5083*	.6450**	0.255	0.0166	0.3928	0.4434	0.011	-0.0962	-0.0578	0.0411	0.1649	-0.2321	-0.1806
Ni	-0.0445	0.1237	0.1798	0.1707	.5083*	1	0.4679	0.1484	.5459*	0.0617	0.407	0.0644	.5208*	0.358	.5186*	.5367*	0.1727	-0.3945
Co	-0.0848	0.3702	0.3754	.5567*	.6450**	0.4679	1	.6923**	0.4004	0.2651	.7921**	0.0362	0.0536	0.1741	0.2345	0.2302	-0.1548	-0.147
Fe	-0.2243	0.1173	0.2966	.5025*	0.255	0.1484	.6923**	1	0.0742	0.1158	.7767**	-0.2097	-0.1814	-0.1094	-0.0231	-0.0598	-0.2629	-0.2372
Mg	-0.0906	-0.0813	0.3391	0.2338	0.0166	.5459*	0.4004	0.0742	1	-0.083	0.1117	0.2808	.8511**	.7564**	.7134**	.7717**	0.1605	-0.142
Ca	.6732**	.5348*	0.1355	0.2939	0.3928	0.0617	0.2651	0.1158	-0.0828	1	0.2549	-0.1653	-0.3739	-0.1506	-0.3301	-0.3449	-0.2014	.4815*
Mn	0.0555	0.1577	0.0592	0.3775	0.4434	0.407	.7921**	.7767**	0.1117	0.2549	1	-0.2613	-0.2088	-0.0962	-0.0281	-0.0868	-0.117	-0.1922
Na	-0.2134	-0.0004	0.3335	0.0726	0.011	0.0644	0.0362	-0.2097	0.2808	-0.165	-0.2613	1	0.3096	.5953*	0.1371	0.4123	0.1587	0.281
Al	-0.259	-0.1252	0.2232	-0.0037	-0.0962	.5208*	0.0536	-0.1814	.8511**	-0.374	-0.2088	0.3096	1	.7047**	.8324**	.8457**	0.2446	-0.3341
K	-0.2726	-0.139	0.4315	0.0768	-0.0578	0.358	0.1741	-0.1094	.7564**	-0.151	-0.0962	.5953*	.7047**	1	.7105**	.8646**	0.2424	-0.0656
Cr	-0.4061	-0.1499	0.1253	-0.1317	0.0411	.5186*	0.2345	-0.0231	.7134**	-0.33	-0.0281	0.1371	.8324**	.7105**	1	.8529**	0.3213	-0.3817
V	-0.4227	-0.0429	0.4297	0.0887	0.1649	.5367*	0.2302	-0.0598	.7717**	-0.345	-0.0868	0.4123	.8457**	.8646**	.8529**	1	0.1821	-0.3906
Corg	-0.0012	-0.4452	-0.1614	-0.3724	-0.2321	0.1727	-0.1548	-0.2629	0.1605	-0.201	-0.117	0.1587	0.2446	0.2424	0.3213	0.1821	1	0.4003
C	.5923**	-0.0374	-0.0234	-0.0193	-0.1806	-0.3945	-0.147	-0.2372	-0.142	.4815*	-0.1922	0.281	-0.3341	-0.0656	-0.3817	-0.3906	0.4003	1

Heiningen Wald - untere Bodenhorizonte (Tonfraktion) -

	pH	Zn	Pb	Cu	Cd	Ni	Co	Fe	Mg	Ca	Mn	Na	Al	K	Cr	V	Corg	C
pH	1	-0.1241	-0.299	-0.3512	-0.1167	0.0609	-0.2748	0.3391	0.2289	0.1588	0.529	-0.0546	0.24	0.2024	-0.3765	0.056	0.1892	0.0597
Zn	-0.1241	1	.8794**	0.0973	0.5389	-0.3228	-0.1728	-0.322	-0.3953	0.3238	-0.2799	-0.5009	-0.1857	-0.1674	-0.5038	0.049	0.5955	.6700*
Pb	-0.299	.8794**	1	0.2997	0.5315	-0.1135	0.0733	-0.248	-0.3244	0.5106	-0.2939	-0.2789	-0.1573	-0.1562	-0.2902	0.1744	0.4437	0.5524
Cu	-0.3512	0.0973	0.2997	1	0.3737	0.5829	0.4306	0.3152	0.4853	-0.135	-0.5945	-0.2106	0.4919	0.3664	0.3382	0.5799	-0.4821	-0.5412
Cd	-0.1167	0.5389	0.5315	0.3737	1	0.4505	0.2706	0.3881	0.3408	0.17	-0.1206	-0.5906	0.2168	0.3327	0.0403	0.2051	0.0536	0.1573
Ni	0.0609	-0.3228	-0.1135	0.5829	0.4505	1	.6509*	.9016**	.9092**	-0.133	-0.0566	0.0156	.7517**	.8011**	.6944*	.7448*	-0.6011	-0.5779
Co	-0.2748	-0.1728	0.0733	0.4306	0.2706	.6509*	1	0.4778	0.3765	0.1294	0.1305	-0.1291	.6359*	0.5284	.6938*	.6572*	-0.4125	-0.2599
Fe	0.3391	-0.322	-0.248	0.3152	0.3881	.9016**	0.4778	1	.9192**	-0.176	0.0913	-0.1288	.7470**	.8103**	.6196*	0.5943	-0.4885	-0.5282
Mg	0.2289	-0.3953	-0.3244	0.4853	0.3408	.9092**	0.3765	.9192**	1	-0.368	-0.1728	0.0099	.7356**	.8463**	.6236*	0.6284	-.6799*	-.7114*
Ca	0.1588	0.3238	0.5106	-0.1345	0.17	-0.133	0.1294	-0.1759	-0.3681	1	0.3693	-0.2746	-0.1104	-0.314	-0.3545	-0.0081	0.5807	0.4864
Mn	0.529	-0.2799	-0.2939	-0.5945	-0.1206	-0.0566	0.1305	0.0913	-0.1728	0.3693	1	0.0143	-0.15	-0.2093	-0.1996	-0.3726	0.2404	0.3166
Na	-0.0546	-0.5009	-0.2789	-0.2106	-0.5906	0.0156	-0.1291	-0.1288	0.0099	-0.275	0.0143	1	-0.2776	0.0412	0.3432	0.0478	-0.2623	-0.0827
Al	0.24	-0.1857	-0.1573	0.4919	0.2168	.7517**	.6359*	.7470**	.7356**	-0.11	-0.15	-0.2776	1	.8654**	0.5387	.8602**	-0.374	-0.473
K	0.2024	-0.1674	-0.1562	0.3664	0.3327	.8011**	0.5284	.8103**	.8463**	-0.314	-0.2093	0.0412	.8654**	1	.6188*	.8423**	-0.5072	-0.4156
Cr	-0.3765	-0.5038	-0.2902	0.3382	0.0403	.6944*	.6938*	.6196*	.6236*	-0.355	-0.1996	0.3432	0.5387	.6188*	1	0.5511	-.7078*	-.6262*
V	0.056	0.049	0.1744	0.5799	0.2051	.7448*	.6572*	0.5943	0.6284	-0.008	-0.3726	0.0478	.8602**	.8423**	0.5511	1	-0.4264	-0.3076
Corg	0.1892	0.5955	0.4437	-0.4821	0.0536	-0.6011	-0.4125	-0.4885	-.6799*	0.5807	0.2404	-0.2623	-0.374	-0.5072	-.7078*	-0.4264	1	.8527**
C	0.0597	.6700*	0.5524	-0.5412	0.1573	-0.5779	-0.2599	-0.5282	-.7114*	0.4864	0.3166	-0.0827	-0.473	-0.4156	-.6262*	-0.3076	.8527**	1

Vienenburg Acker - obere Bodenhorizonte (Tonfraktion) -

	pH	Zn	Pb	Cu	Cd	Ni	Co	Fe	Mg	Ca	Mn	Na	Al	K	Cr	V	Corg	C
pH	1	-0,2652	-0,382	0,2569	-0,6668*	0,5829	0,288	0,5278	,6309*	-0,602	-0,5512	0,5809	,8450**	-0,0833	,6955*	0,5146	-,7575**	-,6321*
Zn	-0,2652	1	,8583**	,7786**	-0,05	-0,1082	0,1283	-0,332	-0,3829	-0,077	0,2988	-0,3525	-0,3866	-0,2063	0,1319	-0,4616	-0,0048	0,1131
Pb	-0,382	,8583**	1	,6305*	0,1446	-0,3493	0,1566	-0,2692	-0,4329	-0,179	0,2893	-0,2368	-0,3724	-0,0915	0,1222	-0,3678	-0,0131	0,1616
Cu	0,2569	,7786**	,6305*	1	-0,4382	0,1936	0,3576	-0,1988	-0,2026	-0,364	0,0382	0,0481	-0,0433	-0,3879	0,2719	-0,423	-,6023*	-0,3086
Cd	-0,6668*	-0,05	0,1446	-0,4382	1	-0,2686	-0,2883	0,1698	-0,1664	,6202*	,7834**	-0,0486	-0,2807	0,4446	-0,2325	-0,0922	,7345**	,6901*
Ni	0,5829	-0,1082	-0,3493	0,1936	-0,2686	1	0,2284	0,4157	,7307*	0,2226	-0,0472	0,2643	0,4747	-0,0573	0,5079	0,3904	-0,3818	0,0823
Co	0,288	0,1283	0,1566	0,3576	-0,2883	0,2284	1	0,2391	0,2906	-0,282	-0,0361	0,1447	0,2165	0,0843	0,0693	0,2215	-0,3972	-0,1378
Fe	0,5278	-0,332	-0,2692	-0,1988	0,1698	0,4157	0,2391	1	,6356*	-0,214	0,0606	0,4974	,8115**	0,2993	0,5373	0,5313	-0,2647	-0,0268
Mg	,6309*	-0,3829	-0,4329	-0,2026	-0,1664	,7307*	0,2906	,6356*	1	-0,136	-0,2544	,8051**	,8010**	0,5233	,8848**	,7701**	-0,1497	-0,1052
Ca	-0,6016	-0,0769	-0,1785	-0,3635	,6202*	0,2226	-0,2816	-0,2143	-0,1362	1	,7274*	-0,3601	-0,5376	0,0437	-0,4042	-0,3852	,6445*	,8496**
Mn	-0,5512	0,2988	0,2893	0,0382	,7834**	-0,0472	-0,0361	0,0606	-0,2544	,7274*	1	-0,1788	-0,3819	0,1732	-0,2827	-0,4315	0,516	,7022*
Na	0,5809	-0,3525	-0,3268	0,0481	-0,0486	0,2643	0,1447	0,4974	,8051**	-0,36	-0,1788	1	,7818**	,6742*	,7640*	,6924*	-0,1446	-0,3828
Al	,8450**	-0,3866	-0,2374	-0,0433	-0,2807	0,4747	0,2165	,8115**	,8010**	-0,538	-0,3819	,7818**	1	0,3336	,8753**	,6780*	-0,4681	-0,4457
K	-0,0833	-0,2063	-0,0915	-0,3879	0,4446	-0,0573	0,0843	0,2993	0,5233	0,0437	0,1732	,6742*	0,3336	1	0,482	0,5061	0,5525	0,0593
Cr	,6955*	0,1319	0,1222	0,2719	-0,2325	0,5079	0,0693	0,5373	,8848**	-0,404	-0,2827	,7640*	,8753**	0,482	1	,6498*	-0,218	-0,248
V	0,5146	-0,4616	-0,3678	-0,423	-0,0922	0,3904	0,2215	0,5313	,7701**	-0,385	-0,4315	,6924*	,6780*	0,5061	,6498*	1	-0,0787	-0,2505
Corg	-,7575**	-0,0048	-0,0131	-,6023*	,7345**	-0,3818	-0,3972	-0,2647	-0,1497	,6445*	0,516	-0,1446	-0,4681	0,5525	-0,218	-0,0787	1	0,5687
C	-,6321*	0,1131	0,1616	-0,3086	,6901*	0,0823	-0,1378	-0,0268	-0,1052	,8496**	,7022*	-0,3828	-0,4457	0,0593	-0,248	-0,2505	0,5687	1

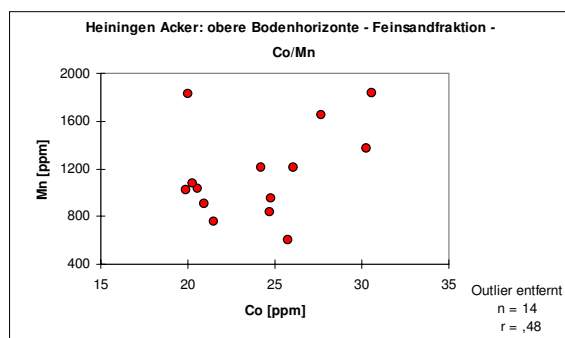
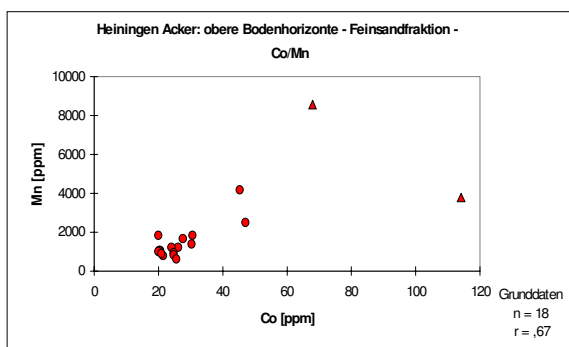
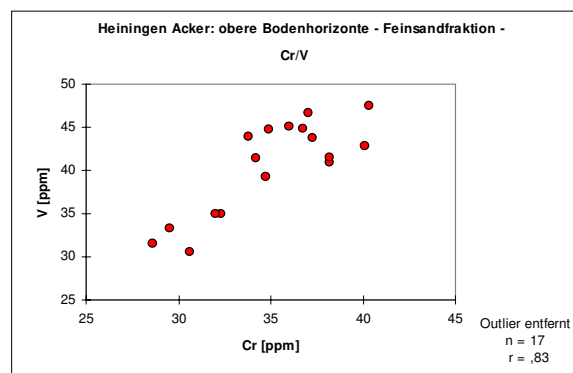
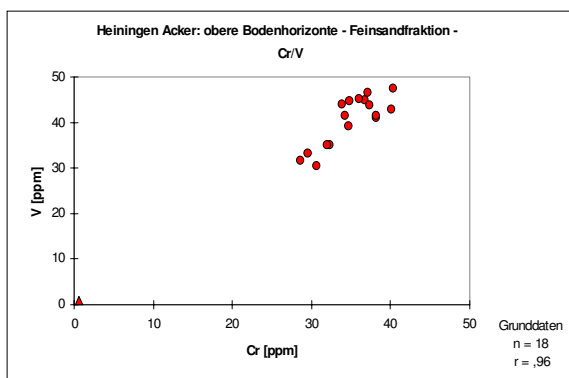
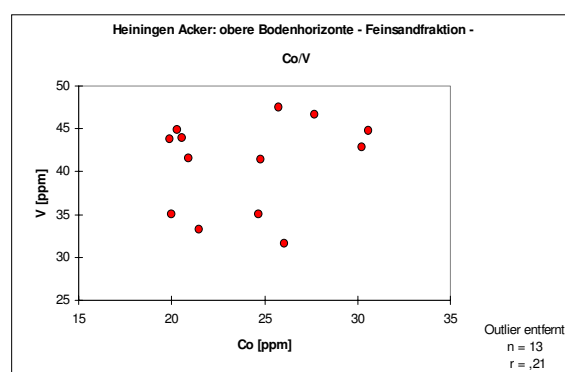
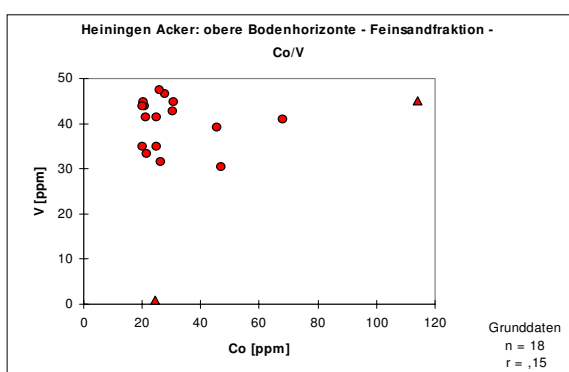
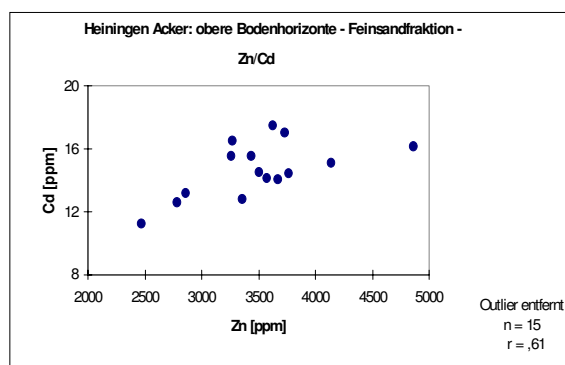
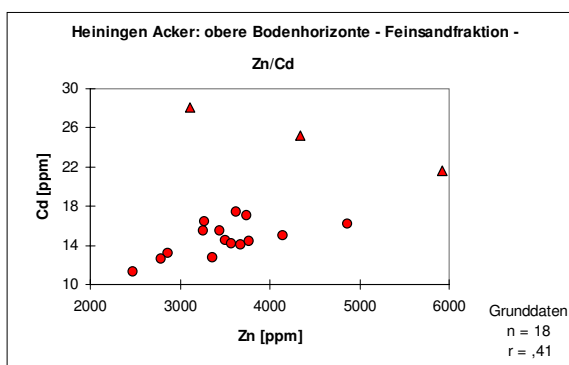
Vienenburg Grünland - obere Bodenhorizonte (Tonfraktion) -

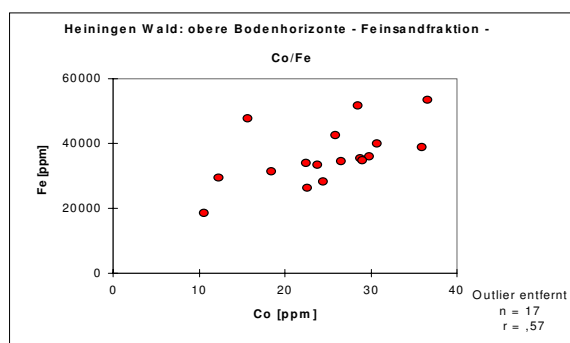
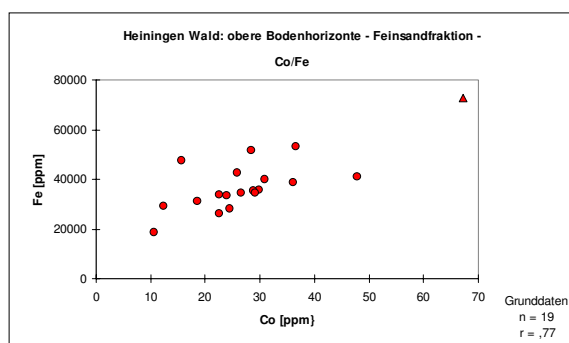
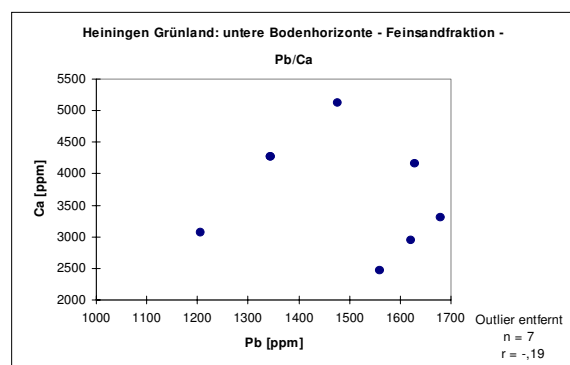
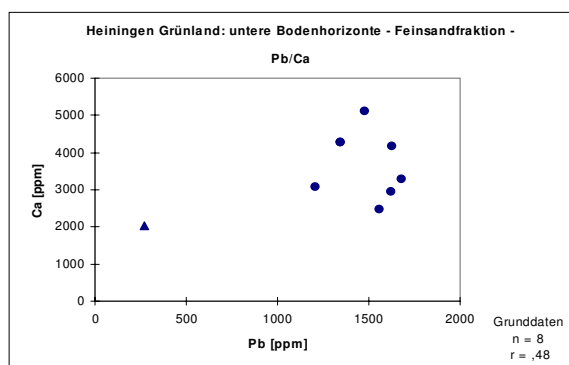
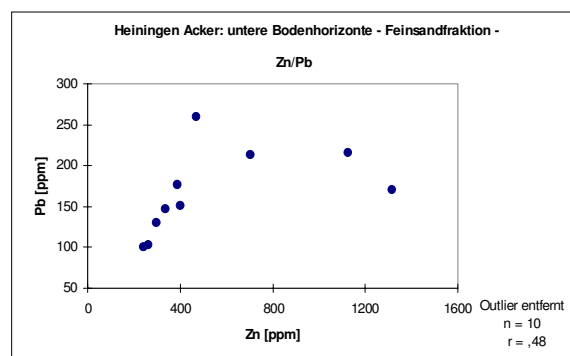
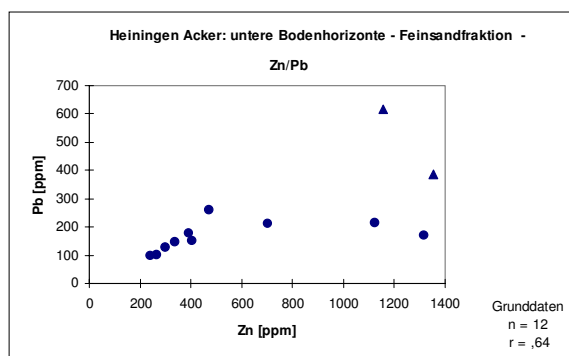
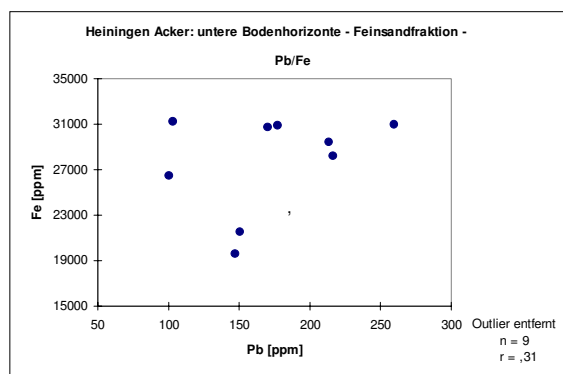
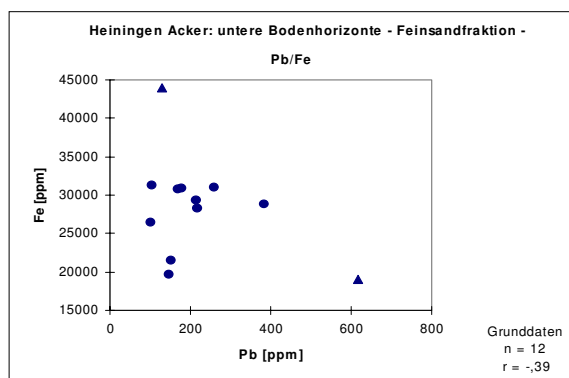
	pH	Zn	Pb	Cu	Cd	Ni	Co	Fe	Mg	Ca	Mn	Na	Al	K	Cr	V	Corg	C
pH	1	-,6087*	-0,4214	-0,3303	-0,3918	-0,4683	-0,2029	0,0166	-0,2101	-0,247	-,5777*	-0,2589	0,1735	-0,2581	0,1142	-0,4631	-0,2599	-0,1953
Zn	-,6087*	1	0,5689	,9081**	0,1651	0,292	0,1669	0,0165	0,1965	0,4974	0,4201	0,4016	0,0373	0,3188	0,3184	0,3794	0,3957	0,1681
Pb	-0,4214	0,5689	1	,5811*	-0,0806	0,3617	0,5726	-0,2839	-0,1298	,6343*	0,3775	0,3843	-0,2706	0,5199	-0,1237	0,2958	0,4916	,6552*
Cu	-0,3303	,9081**	,5811*	1	-0,0801	0,1214	0,1047	-0,0419	0,0669	0,4413	0,1586	0,2874	0,0528	0,3847	0,3447	0,261	0,2262	0,1223
Cd	-0,3918	0,1651	-0,0806	-0,0801	1	0,3024	0,3128	0,2079	0,1808	-0,465	0,4495	0,2162	-0,0627	-0,1737	-0,2528	0,3622	0,3428	-0,497
Ni	-0,4683	0,292	0,3617	0,1214	0,3024	1	0,5048	0,5227	,6511*	0,1547	0,4794	0,4325	0,4818	0,5456	0,3976	0,5117	0,1246	-0,0132
Co	-0,2029	0,1669	0,5726	0,1047	0,3128	0,5048	1	0,258	0,3179	0,1716	,6822*	0,0664	0,1246	0,203	-0,1326	0,0577	0,2553	0,1448
Fe	0,0166	0,0165	-0,2839	-0,0419	0,2079	0,5227	0,258	1	,9514**	-0,337	0,3873	0,2579	,9260**	0,3791	,6392*	0,0741	-0,374	-,7335*
Mg	-0,2101	0,1965	-0,1298	0,0669	0,1808	,6511*	0,3179	,9514**	1	-0,141	0,5592	0,2974	,8996**	0,4338	,6673*	0,1858	-0,3129	-0,5946
Ca	-0,2474	0,4974	,6343*	0,4413	-0,4652	0,1547	0,1716	-0,3366	-0,1409	1	0,3055	0,4174	-0,2229	0,1516	-0,036	0,3207	0,5324	,7338*
Mn	-,5777*	0,4201	0,3775	0,1586	0,4495	0,4794	,6822*	0,3873	0,5592	0,3055	1	0,3223	0,2332	0,2532	-0,008	0,3144	0,1619	-0,0444
Na	-0,2589	0,4016	0,3843	0,2874	0,2162	0,4325	0,0664	0,2579	0,2974	0,4174	0,3223	1	0,2206	0,6253	0,2117	0,6071	0,1986	-0,0252
Al	0,1735	0,0373	-0,2706	0,0528	-0,0627	0,4818	0,1246	,9260**	,8996**	-0,223	0,2332	0,2206	1	0,4202	,8149**	0,0988	-0,4812	-,6960*
K	-0,2581	0,3188	0,5199	0,3847	-0,1737	0,5456	0,203	0,3791	0,4338	0,1516	0,2532	0,6253	0,4202	1	0,3801	0,4828	-0,1602	-0,0833
Cr	0,1142	0,3184	-0,1237	0,3447	-0,2528	0,3976	-0,1326	,6392*	,6673*	-0,036	-0,008	0,2117	,8149**	0,3801	1	-0,0034	-0,2264	-0,473
V	-0,4631	0,3794	0,2958	0,261	0,3622	0,5117	0,0577	0,0741	0,1858	0,3207	0,3144	0,6071	0,0988	0,4828	-0,0034	1	0,0579	0,0906
Corg	-0,2599	0,3957	0,4916	0,2262	0,3428	0,1246	0,2553	-0,374	-0,3129	0,5324	0,1619	0,1986	-0,4812	-0,1602	-0,2264	0,0579	1	,7060*
C	-0,1953	0,1681	,6552*	0,1223	-0,497	-0,0132	0,1448	-,7335*	-0,5946	,7338*	-0,0444	-0,0252	-,6960*	-0,0833	-0,473	0,0906	,7060*	1

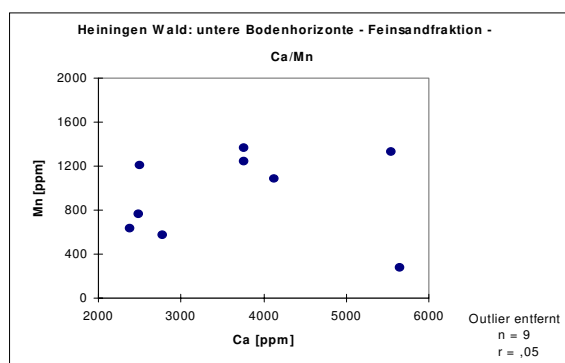
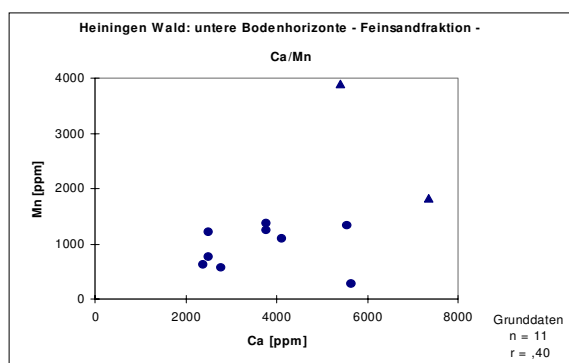
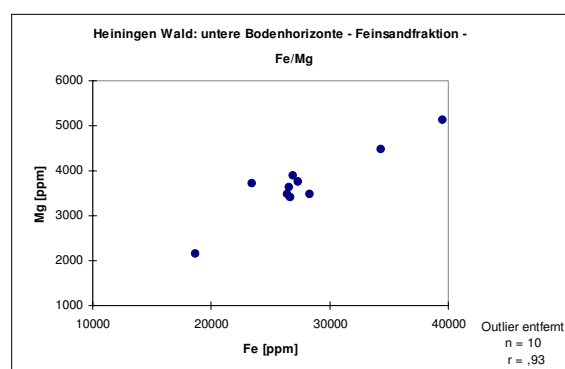
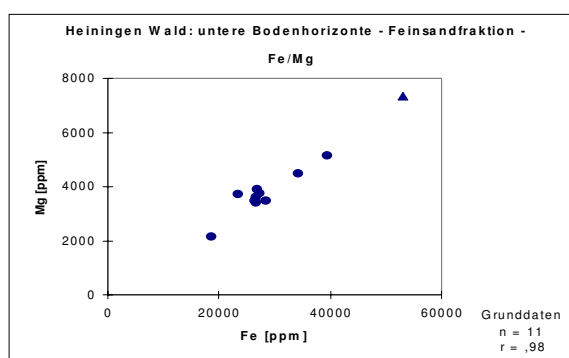
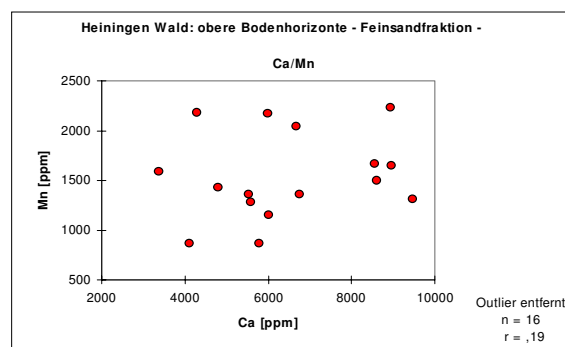
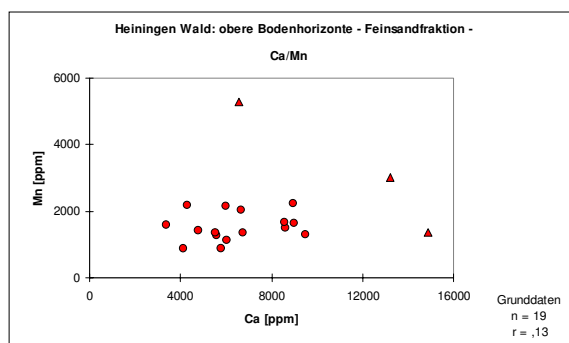
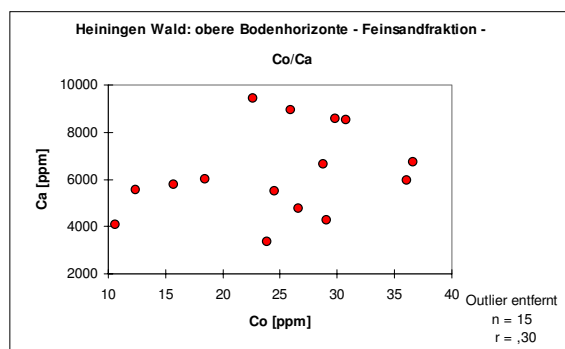
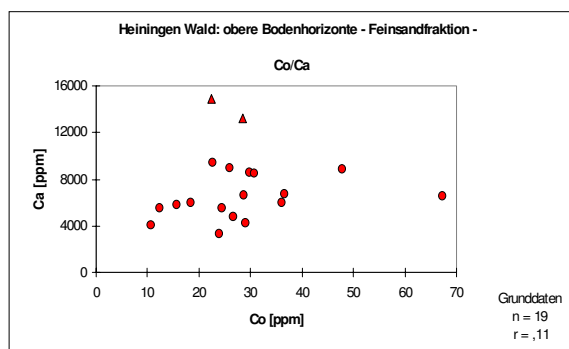
Vienenburg Wald - obere Bodenhorizonte (Tonfraktion) -

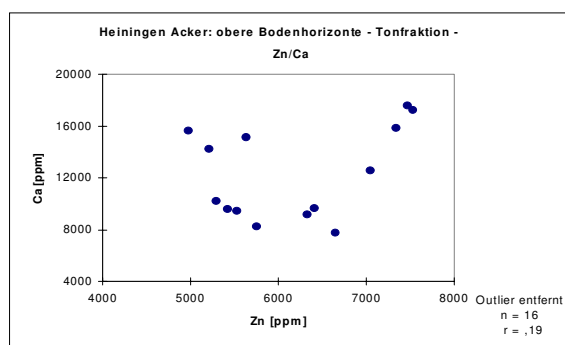
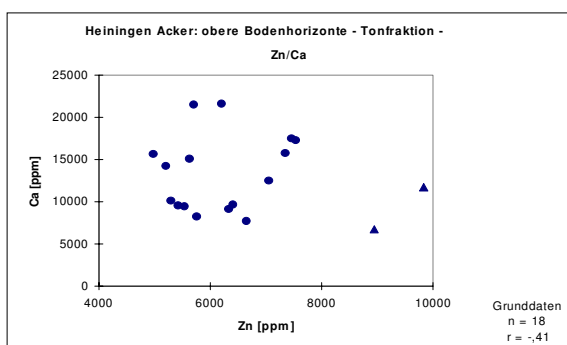
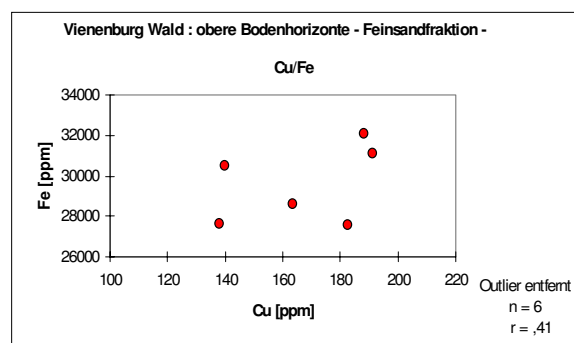
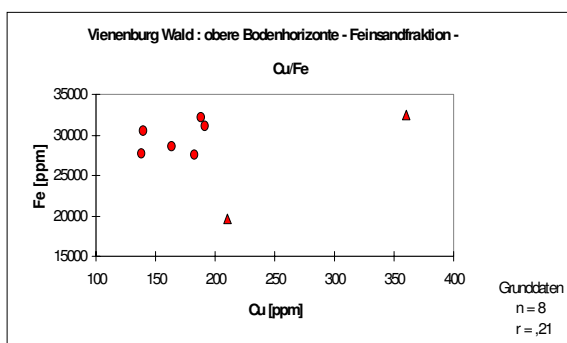
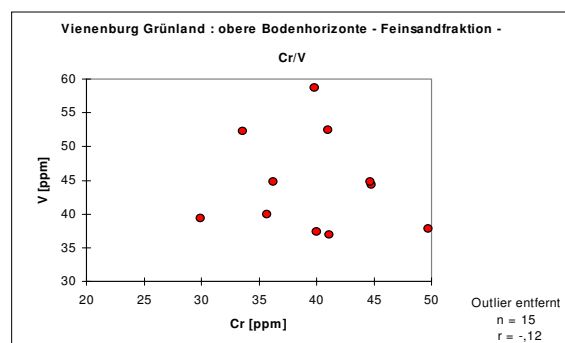
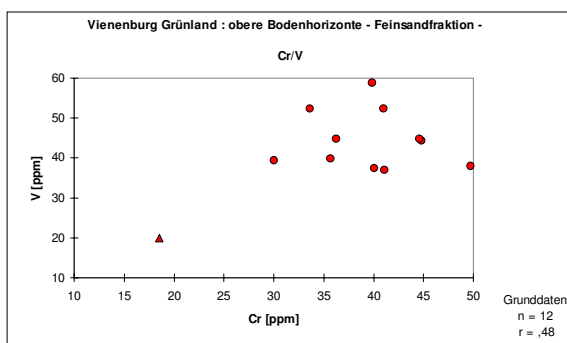
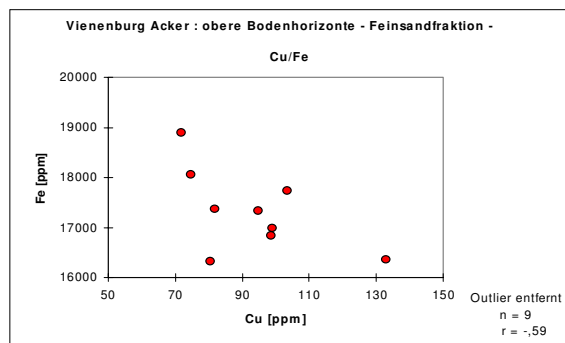
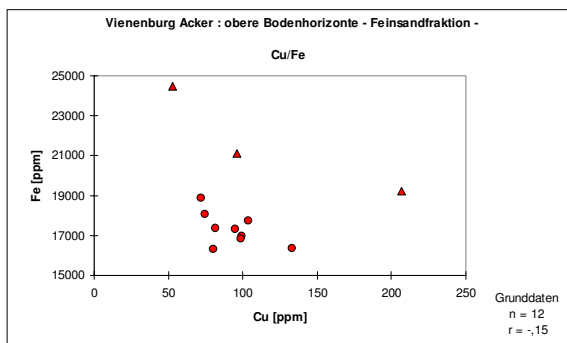
	pH	Zn	Pb	Cu	Cd	Ni	Co	Fe	Mg	Ca	Mn	Na	Al	K	Cr	V	Corg	C
pH	1	0,4352	-,9524**	-0,7831	-0,3028	-0,6007	0,2275	0,8314	0,3002	0,7561	,9224**	-0,1843	0,4231	-0,757	-,9037*	-0,6708	-0,4448	-0,289
Zn	0,4352	1	-0,2248	0,2138	0,4559	-0,8362	0,6905	0,2783	0,3413	0,6267	0,1767	-,9373*	0,0242	-0,58	-0,1902	0,1696	-1,0000**	1,0000**
Pb	-,9524**	-0,2248	1	,8825*	0,5689	0,676	-0,0572	-,9926**	-0,2697	-0,703	-,9067*	-0,0231	-0,6426	0,7159	,9221**	,8301*	0,5076	0,2199
Cu	-0,7831	0,2138	,8825*	1	0,6614	0,2344	-0,28	-0,326	-0,8352	-0,338	-,8933*	-0,1277	-0,484	0,5055	0,8492	,9032*	1,0000**	-1,0000**
Cd	-0,3028	0,4559	0,5689	0,6614	1	0,6951	0,2793	0,4312	-0,1267	-0,037	-0,3747	-0,4931	-0,6517	0,1944	0,5473	0,788	0,947	-0,9102
Ni	-0,6007	-0,8362	0,676	0,2344	0,6951	1	-0,0197	0,3667	0,0823	-0,555	-0,3302	0,4259	-0,682	0,6965	0,6304	0,4321	0,0435	0,6523
Co	0,2275	0,6905	-0,0572	-0,28	0,2793	-0,0197	1	0,8921	0,7622	-0,291	0,2499	-,8912*	-0,2503	0,1674	-0,2587	0,0423	-0,9131	0,9447
Fe	0,8314	0,2783	-,9926**	-0,326	0,4312	0,3667	0,8921	1	0,7287	-0,086	0,5295	-0,5954	-,9927**	-0,8684	-0,8764	0,6348	,	,
Mg	0,3002	0,3413	-0,2697	-0,8352	-0,1267	0,0823	0,7622	0,7287	1	-0,257	0,522	-0,5344	0,5017	0,3638	-0,2926	-0,4744	-0,9922	0,8084
Ca	0,7561	0,6267	-0,7025	-0,3377	-0,0373	-0,5549	-0,2909	-0,0855	-0,2566	1	0,59	0,0985	0,5255	-,8233*	-0,5027	-0,3515	0,1605	-0,7928
Mn	,9224**	0,1767	-,9067*	-,8933*	-0,3747	-0,3302	0,2499	0,5295	0,522	0,59	1	-0,0815	0,504	-0,4918	-,8228*	-,8212*	-0,6887	0,0055
Na	-0,1843	-,9373*	-0,0231	-0,1277	-0,4931	0,4259	-,8912*	-0,5954	-0,5344	0,0985	-0,0815	1	0,2244	-0,0614	0,1042	-0,2583	0,9832	-0,8415
Al	0,4231	0,0242	-0,6426	-0,484	-0,6517	-0,682	-0,2503	-,9927**	0,5017	0,5255	0,504	0,2244	1	-0,0271	-0,3171	-0,8108	-1,0000**	1,0000**
K	-0,757	-0,58	0,7159	0,5055	0,1944	0,6965	0,1674	-0,8684	0,3638	-,8233*	-0,4918	-0,0614	-0,0271	1	0,7262	0,2562	-0,5007	0,9576
Cr	-,9037*	-0,1902	,9221**	0,8492	0,5473	0,6304	-0,2587	-0,8764	-0,2926	-0,503	-,8228*	0,1042	-0,3171	0,7262	1	0,6949	0,6681	0,0225
V	-0,6708	0,1696	,8301*	,9032*	0,788	0,4321	0,0423	0,6348	-0,4744	-0,352	-,8212*	-0,2583	-0,8108	0,2562	0,6949	1	0,8639	-0,2847
Corg	-0,4448	-1,0000**	0,5076	1,0000**	0,947	0,0435	-0,9131	,	-0,9922	0,1605	-0,6887	0,9832	-1,0000**	-0,5007	0,6681	0,8639	1	-0,7289
C	-0,289	1,0000**	0,2199	-1,0000**	-0,9102	0,6523	0,9447	,	0,8084	-0,793	0,0055	-0,8415	1,0000**	0,9576	0,0225	-0,2847	-0,7289	1

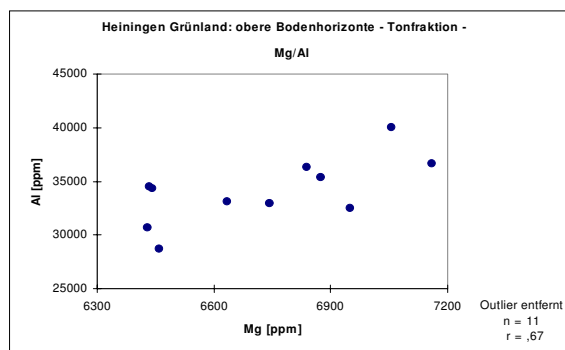
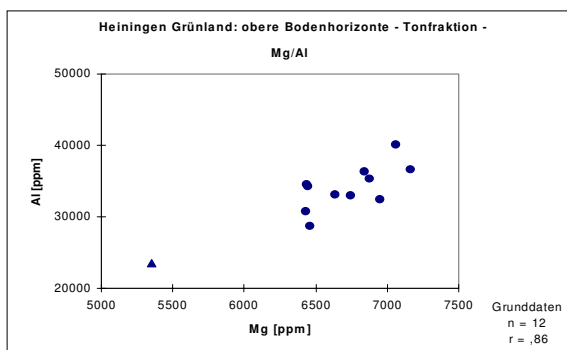
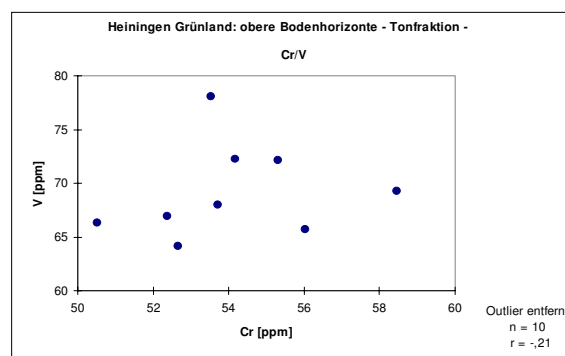
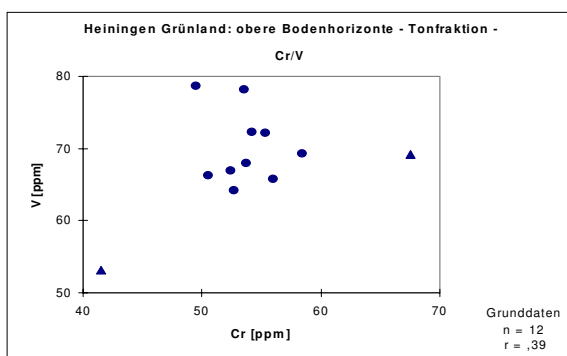
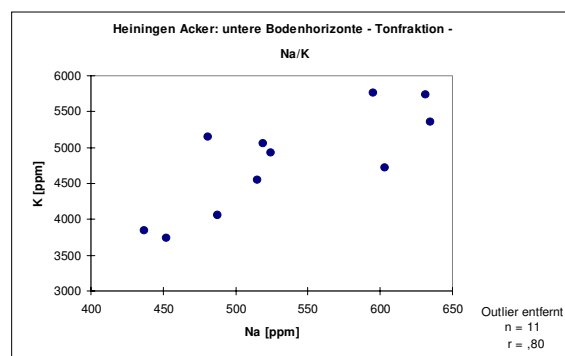
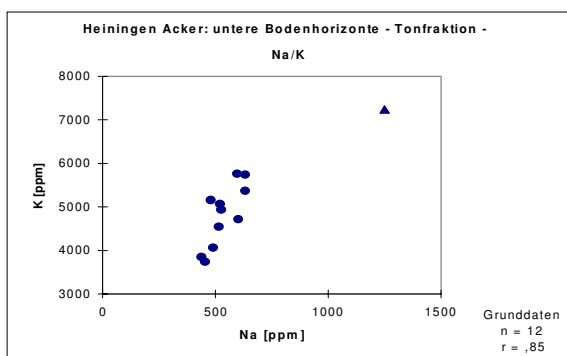
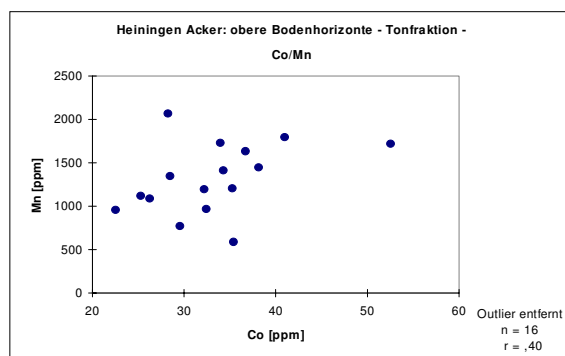
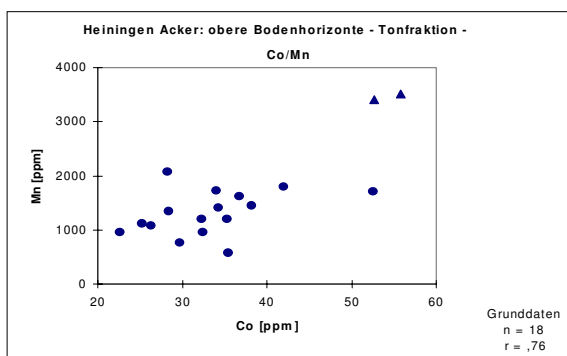
B.4 Scattergrams ausgewählte Proben

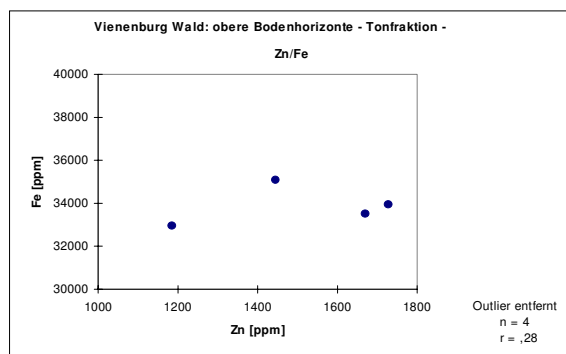
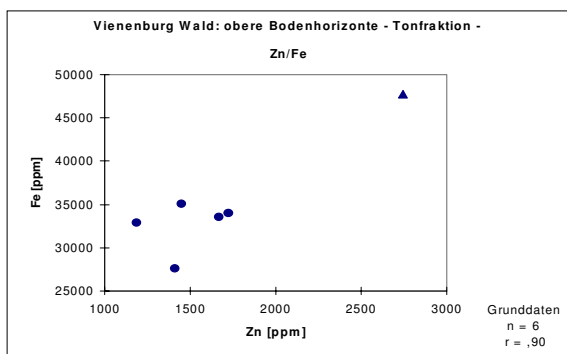
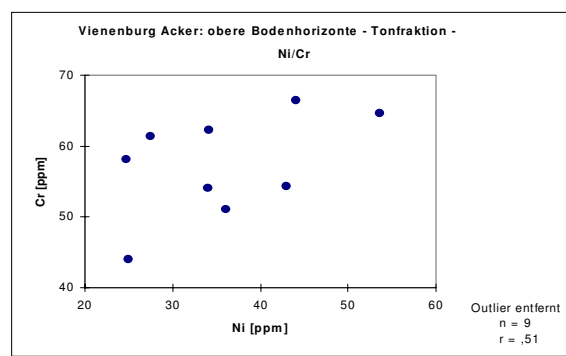
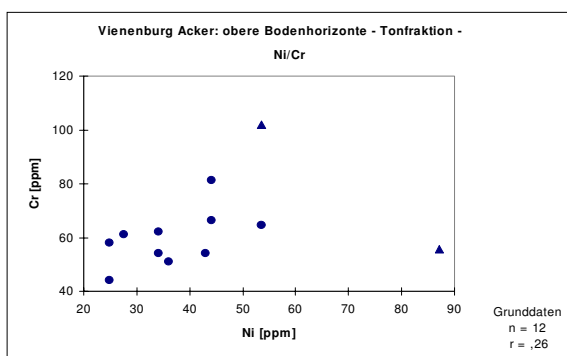
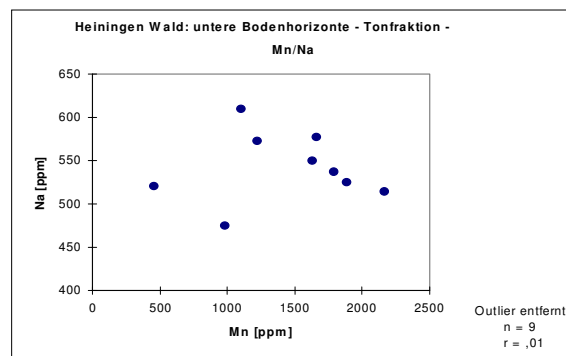
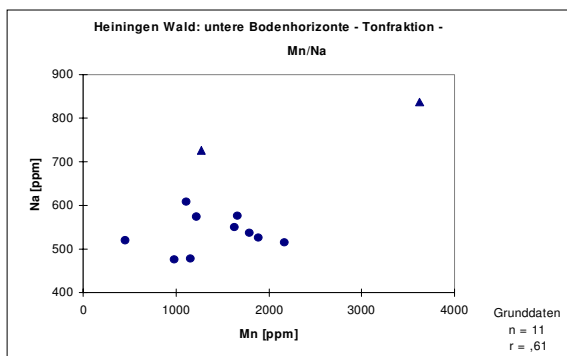
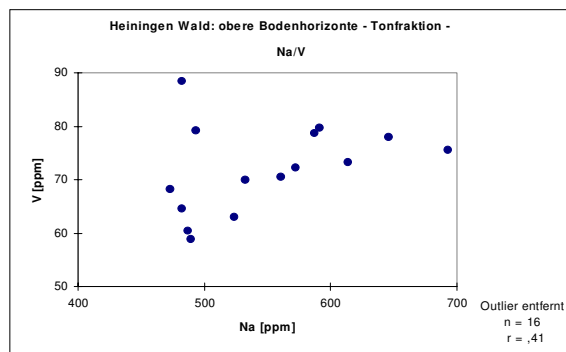
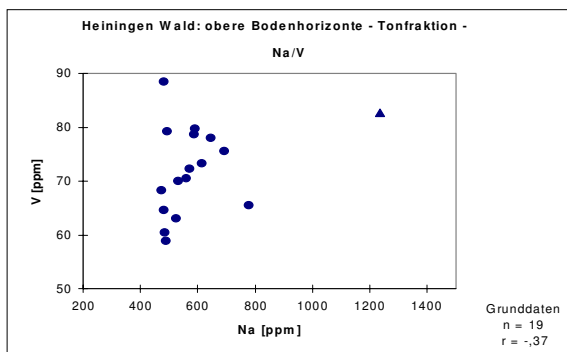












B.5 Faktorenanalyse

AG: HA BHZGR: O

Analysis number 1 Listwise deletion of cases with missing values

	Mean	Std Dev	Label
PH	8,08182	,53258	
ZN_FS	3592,30155	576,29902	
PB_FS	2936,09436	704,29466	
CU_FS	564,65791	156,79117	
CD_FS	14,51682	1,39235	
NI_FS	35,58800	3,97519	
CO_FS	23,31482	3,55981	
FE_FS	33503,80245	3651,50944	
MG_FS	4335,99091	477,51720	
CA_FS	7996,35173	2432,56966	
MN_FS	1151,30764	337,95510	
NA_FS	360,20200	76,14955	
AL_FS	17622,47655	2354,89858	
K_FS	2580,05273	327,21800	
CR_FS	34,51973	3,68290	
V_FS	40,01327	5,25512	
CORG_FS	1,91818	,66534	
C_FS	,08818	,04729	

Number of Cases = 11

Extraction 1 for analysis 1, Principal Components Analysis (PC)

PC extracted 3 factors.

Factor Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
MG_FS	,93983		
NI_FS	,93635	,21358	
ZN_FS	,92131	-,28424	-,23436
AL_FS	,77335	,11258	,47431
CORG_FS	,76163	,29235	
FE_FS	,74116	-,61122	
PB_FS	,73888	-,41344	

AG: HA BHZGR: O

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
CR_FS	,71272	,48240	,38708
CU_FS	,60531	-,50833	
CO_FS	,57007	-,44105	-,16641
CD_FS	,55708	-,39001	-,20894
V_FS	,65301	,71649	,14283
CA_FS	,56757	,65296	-,30401
C_FS	,43411	,64668	-,49812

PH	,44588	-,51787	,31620
NA_FS	-,17254		,83649
K_FS	,19051	,34061	,82009
MN_FS		,31541	-,32792

Final Statistics:

Variable	Communality	*	Factor	Eigenvalue	Pct of Var	Cum Pct
		*				
PH	,56698	*	1	7,60372	42,2	42,2
ZN_FS	,98453	*	2	3,45883	19,2	61,5
PB_FS	,71736	*	3	2,44598	13,6	75,0
CU_FS	,62598	*				
CD_FS	,50610	*				
NI_FS	,92264	*				
CO_FS	,54720	*				
FE_FS	,92444	*				
MG_FS	,88706	*				
CA_FS	,84091	*				
MN_FS	,21693	*				
NA_FS	,73637	*				
AL_FS	,83571	*				
K_FS	,82486	*				
CR_FS	,89050	*				
V_FS	,96018	*				
CORG_FS	,66598	*				
C_FS	,85477	*				

AG: HA BHZGR: O

VARIMAX rotation 1 for extraction 1 in analysis 1 - Kaiser Normalization.

VARIMAX converged in 8 iterations.

Rotated Factor Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
FE_FS	,95485		
ZN_FS	,90998	,27934	,28007
PB_FS	,82328	,19886	
CU_FS	,77537		-,12984
MG_FS	,74520	,53666	,20914
CO_FS	,73698		
CD_FS	,70103		,12096
PH	,61809	,12981	-,40999
CR_FS	,16361	,92629	
V_FS		,90312	,38016
AL_FS	,43336	,78853	-,16167
K_FS	-,20412	,74208	-,48220
NI_FS	,56187	,71401	,31166
CORG_FS	,38610	,63362	,33976
C_FS		,39678	,83497
NA_FS	-,20626	,27418	-,78655
CA_FS		,58276	,70606
MN_FS			,45220

Factor Transformation Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Factor 1	,74959	,61760	,23807
Factor 2	-,64329	,59508	,48172
Factor 3	-,15584	,51425	-,84336

AG: HA BHZGR: U

Analysis number 1 Listwise deletion of cases with missing values

	Mean	Std Dev	Label
PH	6,72500	,30119	
ZN_FS	605,63950	409,29432	
PB_FS	173,35363	55,87073	
CU_FS	33,12688	11,77380	
CD_FS	7,55712	,82757	
NI_FS	38,48237	8,13480	
CO_FS	16,22475	4,17804	
FE_FS	28461,02638	3929,72334	
MG_FS	4277,91775	749,93626	
CA_FS	3539,06850	673,00275	
MN_FS	486,11150	107,95589	
NA_FS	373,94850	88,84573	
AL_FS	24612,15075	2805,05367	
K_FS	2174,04313	453,48335	
CR_FS	44,26088	8,37389	
V_FS	42,54713	5,44514	
CORG_FS	,42850	,17705	
C_FS	,02700	,00648	

Number of Cases = 8

Extraction 1 for analysis 1, Principal Components Analysis (PC)

PC extracted 3 factors.

Factor Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
V_FS	,91653		-,23613
NI_FS	,87064	-,32480	,17127
CR_FS	,83528	-,36996	,15899
MN_FS	-,76350		,13478
MG_FS	,76074		,42791
CU_FS	,73757	,54308	
K_FS	,72028	-,46941	,15724

AG: HA BHZGR: U

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
AL_FS	,68446	-,51676	-,29324
CO_FS	-,61304	,10210	,56677
FE_FS	,57394	,52959	

ZN_FS	-,41307	,88851	-,15398
CORG_FS	,13325	,86635	-,16201
C_FS	,45508	,73530	,29661
PB_FS	,37864	,72995	,20633
CD_FS	,43569	,57347	,34924
NA_FS		-,18675	,80152
CA_FS	,29395		-,65893
PH	,19102	,19933	-,60782

Final Statistics:

Variable	Communality	*	Factor	Eigenvalue	Pct of Var	Cum Pct
		*				
PH	,44566	*	1	6,54901	36,4	36,4
ZN_FS	,98379	*	2	4,33522	24,1	60,5
PB_FS	,71876	*	3	2,49261	13,8	74,3
CU_FS	,83916	*				
CD_FS	,64067	*				
NI_FS	,89284	*				
CO_FS	,70747	*				
FE_FS	,61014	*				
MG_FS	,76290	*				
CA_FS	,52177	*				
MN_FS	,60111	*				
NA_FS	,68084	*				
AL_FS	,82151	*				
K_FS	,76387	*				
CR_FS	,85984	*				
V_FS	,89621	*				
CORG_FS	,79457	*				
C_FS	,83574	*				

AG: HA BHZGR: U

VARIMAX rotation 1 for extraction 1 in analysis 1 - Kaiser Normalization.

VARIMAX converged in 5 iterations.

Rotated Factor Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
NI_FS	,92843	,17516	
CR_FS	,91970	,11720	
K_FS	,87208		
ZN_FS	-,82302	,52452	,17693
AL_FS	,80842	-,18345	,36649
V_FS	,74029	,39627	,43721
MG_FS	,71901	,43075	-,24574
MN_FS	-,63215	-,33171	-,30243
C_FS		,90896	
PB_FS		,84739	
CU_FS	,35409	,81400	,22623
CD_FS	,12398	,77436	-,16021
CORG_FS	-,34743	,76220	,30482
FE_FS	,21764	,71800	,21738

NA_FS	,24729		-,78531
CA_FS	,14933		,70655
CO_FS	-,50208		-,67096
PH		,11935	,65663

Factor Transformation Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Factor 1	,85177	,47292	,22546
Factor 2	-,50828	,85026	,13678
Factor 3	,12701	,23111	-,96460

AG: HG BHZGR: O

Analysis number 1 Listwise deletion of cases with missing values

	Mean	Std Dev	Label
PH	8,20000	,37417	
ZN_FS	2998,80291	447,14753	
PB_FS	2286,14945	580,75847	
CU_FS	429,27418	88,78140	
CD_FS	11,16409	1,25470	
NI_FS	30,39018	4,18442	
CO_FS	20,75309	3,22852	
FE_FS	28181,73382	3002,41351	
MG_FS	3690,01845	255,34215	
CA_FS	5124,13100	1243,23935	
MN_FS	1060,99564	290,42894	
NA_FS	346,43864	140,89300	
AL_FS	13482,46991	1254,03525	
K_FS	1923,34309	417,04443	
CR_FS	27,13845	4,03853	
V_FS	36,83564	8,95212	
CORG_FS	1,45364	,61362	
C_FS	,05409	,02411	

Number of Cases = 11

Extraction 1 for analysis 1, Principal Components Analysis (PC)

PC extracted 3 factors.

Factor Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
ZN_FS	,95565	-,13746	,13468
MG_FS	,94346	,21402	,13885
CU_FS	,91506	-,18801	
CA_FS	,90343	,11419	-,15850
PB_FS	,90064	-,16584	-,19846
FE_FS	,87656	-,40084	
CORG_FS	,75859	,54661	

AG: HG BHZGR: O

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
C_FS	,72552	,34286	-,38815
NI_FS	,69286	,52462	-,17248
CD_FS	,66036	-,27868	,55540
MN_FS	,65339	-,43650	,59295
V_FS	,28020	,93743	
CR_FS	,20929	,92699	,12723
K_FS	-,34570	,88260	,28070
AL_FS	,47432	,81971	,18988
NA_FS	-,51161	,67577	,51181
CO_FS	,47196	-,51136	,67762
PH	-,31163		,66040

Final Statistics:

Variable	Communality	*	Factor	Eigenvalue	Pct of Var	Cum Pct
		*				
PH	,53470	*	1	8,52971	47,4	47,4
ZN_FS	,95029	*	2	5,16962	28,7	76,1
PB_FS	,87804	*	3	2,24682	12,5	88,6
CU_FS	,87769	*				
CD_FS	,82221	*				
NI_FS	,78503	*				
CO_FS	,94340	*				
FE_FS	,93846	*				
MG_FS	,95519	*				
CA_FS	,85435	*				
MN_FS	,96904	*				
NA_FS	,98036	*				
AL_FS	,93295	*				
K_FS	,97729	*				
CR_FS	,91930	*				
V_FS	,95820	*				
CORG_FS	,87504	*				
C_FS	,79459	*				

AG: HG BHZGR: O

VARIMAX rotation 1 for extraction 1 in analysis 1 - Kaiser Normalization.

VARIMAX converged in 5 iterations.

Rotated Factor Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
PB_FS	,82248	,12369	,43160
NA_FS	-,82043	,53308	-,15194
FE_FS	,77572		,57399
CA_FS	,75395	,39011	,36568
CU_FS	,75315	,12918	,54200
C_FS	,73611	,50253	
PH	-,66834		,29439
V_FS		,96797	-,14050
AL_FS		,95215	,13040

CR_FS		,94990	-,10629
CORG_FS	,49291	,76153	,22836
K_FS	-,57944	,74330	-,29841
NI_FS	,54210	,69485	
MN_FS	,16518		,96703
CO_FS		-,19891	,95062
CD_FS	,16983		,88863
ZN_FS	,64091	,22368	,69964
MG_FS	,57335	,54511	,57386

Factor Transformation Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Factor 1	,73993	,34384	,57816
Factor 2	-,15880	,92448	-,34657
Factor 3	-,65367	,16463	,73866

AG: HG BHZGR: U

Analysis number 1 Listwise deletion of cases with missing values

	Mean	Std Dev	Label
PH	6,61429	,20354	
ZN_FS	2975,50214	568,38330	
PB_FS	1501,62729	172,24521	
CU_FS	261,70143	48,56053	
CD_FS	12,16314	2,23189	
NI_FS	30,68829	5,04373	
CO_FS	23,58157	10,23393	
FE_FS	25095,74914	2707,26445	
MG_FS	3768,30300	655,45201	
CA_FS	3621,09871	928,98537	
MN_FS	826,41714	341,93008	
NA_FS	362,81871	114,93027	
AL_FS	15665,07543	4375,30362	
K_FS	2307,43786	684,53022	
CR_FS	28,58971	7,05659	
V_FS	34,50943	8,06061	
CORG_FS	,83286	,37994	
C_FS	,03429	,02299	

Number of Cases = 7

Extraction 1 for analysis 1, Principal Components Analysis (PC)

PC extracted 3 factors.

Factor Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
AL_FS	,98195	-,15631	
CD_FS	,96100		
K_FS	,93488	,28526	,13230
V_FS	,92643	,19685	,27194
ZN_FS	,91922	-,21683	,16144

MG_FS	,91611	,17830	
CORG_FS	,91050	,18099	-,33693

AG: HG BHZGR: U

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
CR_FS	,82434	-,25777	,27510
CO_FS	,78246	,50338	
NI_FS	,65523	-,26120	
MN_FS	-,11212	,75270	,35083
NA_FS		,75123	,40793
CA_FS		,74565	,22845
C_FS	-,47190	,67108	,28797
PH	-,35040	,65973	-,62971
FE_FS	,26551	,46002	
CU_FS	-,38732	-,20897	,89092
PB_FS	-,31563	-,30957	,61965

Final Statistics:

Variable	Communality	*	Factor	Eigenvalue	Pct of Var	Cum Pct
		*				
PH	,95455	*	1	8,53623	47,4	47,4
ZN_FS	,91804	*	2	3,57541	19,9	67,3
PB_FS	,57942	*	3	2,31892	12,9	80,2
CU_FS	,98743	*				
CD_FS	,93704	*				
NI_FS	,49964	*				
CO_FS	,86619	*				
FE_FS	,28492	*				
MG_FS	,87269	*				
CA_FS	,61113	*				
MN_FS	,70221	*				
NA_FS	,73154	*				
AL_FS	,98899	*				
K_FS	,97287	*				
CR_FS	,82165	*				
V_FS	,97097	*				
CORG_FS	,97529	*				
C_FS	,75597	*				

AG: HG BHZGR: U

VARIMAX rotation 1 for extraction 1 in analysis 1 - Kaiser Normalization.

VARIMAX converged in 5 iterations.

Rotated Factor Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
AL_FS	,96778	-,18840	,12999
CD_FS	,95740	-,10053	,10160
V_FS	,95515	,23948	
ZN_FS	,93994	-,18252	
K_FS	,92970	,26337	,19793

MG_FS	,87794		,30420
CR_FS	,87363	-,16888	-,17291
CORG_FS	,80805		,56740
CO_FS	,73883	,40781	,39245
NI_FS	,65901	-,25554	
NA_FS		,84928	
MN_FS		,83513	
CA_FS		,77614	
C_FS	-,42344	,75467	
FE_FS	,22989	,38433	,29045
CU_FS	-,17641	,18996	-,95928
PH	-,50371	,36708	,75239
PB_FS	-,16151		-,74370

Factor Transformation Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Factor 1	,97541	-,05409	,21368
Factor 2	-,03823	,91320	,40571
Factor 3	,21708	,40390	-,88867

AG: HW BHZGR: O

Analysis number 1 Listwise deletion of cases with missing values

	Mean	Std Dev	Label
PH	6,95385	,44463	
ZN_FS	4300,07431	1336,03494	
PB_FS	2671,48038	763,74803	
CU_FS	467,20277	137,82576	
CD_FS	22,59992	5,82619	
NI_FS	42,78031	9,06164	
CO_FS	24,93562	6,50732	
FE_FS	35263,74000	5993,93353	
MG_FS	4193,20062	383,22774	
CA_FS	6432,25523	1911,79158	
MN_FS	1554,34400	394,43234	
NA_FS	346,95162	96,21207	
AL_FS	19931,42638	3500,85866	
K_FS	2749,39031	613,47109	
CR_FS	34,87792	5,43772	
V_FS	40,70092	6,43980	
CORG_FS	3,29154	1,81861	
C_FS	,07692	,04590	

Number of Cases = 13

Extraction 1 for analysis 1, Principal Components Analysis (PC)

PC extracted 3 factors.

Factor Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
--	----------	----------	----------

MG_FS	,91701	,16353	
FE_FS	,80448	-,23992	-,29058
CORG_FS	,79046	-,38894	,21425
CD_FS	,78225	,38945	
NI_FS	,78224	,37120	,30356
V_FS	,73697	-,60007	
PB_FS	,63398	,21142	-,54828

AG: HW BHZGR: O

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
CO_FS	,49392	,47839	,21657
NA_FS		-,89313	,31490
K_FS	,54147	-,74534	,14067
ZN_FS	,12602	,67769	-,30806
CR_FS	,60221	-,66075	,22342
CU_FS	,56683	,65129	-,33325
AL_FS	,33508	-,63866	-,22168
CA_FS	,25062	,51856	,47620
MN_FS	,31340	,44318	
C_FS	,16393		,76133
PH		,54195	,65785

Final Statistics:

Variable	Communality	*	Factor	Eigenvalue	Pct of Var	Cum Pct
		*				
PH	,72885	*	1	5,82873	32,4	32,4
ZN_FS	,57005	*	2	5,00876	27,8	60,2
PB_FS	,74724	*	3	2,24258	12,5	72,7
CU_FS	,85653	*				
CD_FS	,76364	*				
NI_FS	,84184	*				
CO_FS	,51971	*				
FE_FS	,78919	*				
MG_FS	,86998	*				
CA_FS	,55847	*				
MN_FS	,29637	*				
NA_FS	,90422	*				
AL_FS	,56931	*				
K_FS	,86851	*				
CR_FS	,84917	*				
V_FS	,90857	*				
CORG_FS	,82201	*				
C_FS	,61641	*				

AG: HW BHZGR: O

VARIMAX rotation 1 for extraction 1 in analysis 1 - Kaiser Normalization.

VARIMAX converged in 5 iterations.

Rotated Factor Matrix:

Factor 1	Factor 2	Factor 3
----------	----------	----------

V_FS	,93040	,15692	-,13527
K_FS	,91873	-,15182	
CR_FS	,91315		
CORG_FS	,85676	,20484	,21451
FE_FS	,70166	,51314	-,18317
AL_FS	,65412		-,36824
CU_FS		,91899	
PB_FS	,23589	,78182	-,28348
CD_FS	,28341	,76891	,30348
MG_FS	,53082	,73763	,21003
NA_FS	,59777	-,73651	
NI_FS	,33391	,63032	,57709
ZN_FS	-,41884	,62819	
CO_FS		,53790	,47791
MN_FS		,46647	,26888
PH	-,26157		,80695
C_FS	,13990	-,14083	,75961
CA_FS	-,12435	,29229	,67644

Factor Transformation Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Factor 1	,70911	,67310	,21000
Factor 2	-,69448	,61523	,37308
Factor 3	,12192	-,41040	,90372

AG: HW BHZGR: U

Analysis number 1 Listwise deletion of cases with missing values

	Mean	Std Dev	Label
PH	6,02000	,68337	
ZN_FS	529,36120	185,48791	
PB_FS	163,99620	39,97055	
CU_FS	28,13980	4,76458	
CD_FS	10,79360	1,39115	
NI_FS	35,79040	3,74104	
CO_FS	16,19020	5,26959	
FE_FS	27143,70800	714,17876	
MG_FS	3631,92040	190,11024	
CA_FS	3031,99760	678,74361	
MN_FS	916,52300	365,24674	
NA_FS	430,24840	62,47433	
AL_FS	21225,51800	2862,88810	
K_FS	3063,33240	468,23302	
CR_FS	36,44460	4,58416	
V_FS	38,20700	7,31516	
CORG_FS	,75000	,29052	
C_FS	,01900	,00894	

Number of Cases = 5

Extraction 1 for analysis 1, Principal Components Analysis (PC)

PC extracted 3 factors.

Factor Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
V_FS	,96876	,16020	
AL_FS	,95279	-,22701	
MG_FS	-,93017	-,19316	
CA_FS	,90582	,20691	-,36837
CR_FS	,84397		-,26170
MN_FS	,83942	,47957	-,18211
CD_FS	-,79732	,50483	,19976

AG: HW BHZGR: U

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
NI_FS	,76810	,55954	
K_FS	,67427	-,55329	,41644
CORG_FS	,66730		,61771
CU_FS	,14829	-,98258	-,10954
C_FS	,36202	,90043	,16211
PB_FS	,23228	-,83744	
CO_FS	-,67970	,68039	,21339
FE_FS	,19401	-,29655	-,88500
NA_FS	,26088	-,38666	,88422
PH	-,19348	-,25981	,88400
ZN_FS	,53087	,25951	,68909

Final Statistics:

Variable	Communality	*	Factor	Eigenvalue	Pct of Var	Cum Pct
		*				
PH	,88639	*	1	8,16855	45,4	45,4
ZN_FS	,82402	*	2	4,58228	25,5	70,8
PB_FS	,75530	*	3	3,74646	20,8	91,7
CU_FS	,99945	*				
CD_FS	,93047	*				
NI_FS	,90401	*				
CO_FS	,97046	*				
FE_FS	,90880	*				
MG_FS	,90635	*				
CA_FS	,99901	*				
MN_FS	,96779	*				
NA_FS	,99940	*				
AL_FS	,96359	*				
K_FS	,93419	*				
CR_FS	,78874	*				
V_FS	,96417	*				
CORG_FS	,82703	*				
C_FS	,96811	*				

AG: HW BHZGR: U

VARIMAX rotation 1 for extraction 1 in analysis 1 - Kaiser Normalization.

VARIMAX converged in 4 iterations.

Rotated Factor Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
CA_FS	,96679	,12283	-,22192
MN_FS	,96482	-,17840	
V_FS	,95934	,13912	,15650
MG_FS	-,92524		-,20588
NI_FS	,89352	-,30228	,11937
CR_FS	,85662	,20207	-,11878
AL_FS	,83118	,50893	,11713
CU_FS	-,15665	,98735	
CO_FS	-,45210	-,87430	
PB_FS		,86082	,10946
C_FS	,60210	-,76309	,15256
CD_FS	-,61614	-,74191	
K_FS	,39936	,67302	,56723
NA_FS		,33232	,94285
PH	-,38714		,85483
FE_FS	,21164	,45032	-,81316
ZN_FS	,48409	-,17293	,74818
CORG_FS	,54416	,10964	,72035

Factor Transformation Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Factor 1	,93824	,30025	,17189
Factor 2	,31658	-,94547	-,07651
Factor 3	-,13955	-,12620	,98214

AG: VA BHZGR: O

Analysis number 1 Listwise deletion of cases with missing values

	Mean	Std Dev	Label
PH	7,67500	,30119	
ZN_FS	923,86212	145,01851	
PB_FS	294,18625	45,45227	
CU_FS	95,62025	18,31047	
CD_FS	7,76825	1,47801	
NI_FS	27,70987	8,41552	
CO_FS	12,48163	,95171	
FE_FS	17124,87963	619,17155	
MG_FS	3143,52750	162,95249	
CA_FS	11110,76075	4401,25374	
MN_FS	520,22863	149,25229	
NA_FS	439,31275	130,03897	
AL_FS	15035,42788	1465,33702	
K_FS	2809,82287	785,79062	
CR_FS	26,76238	4,71308	
V_FS	26,12100	3,67928	
CORG_FS	1,88250	,74580	
C_FS	,21250	,12068	

Number of Cases = 8

Extraction 1 for analysis 1, Principal Components Analysis (PC)

PC extracted 3 factors.

Factor Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
MN_FS	-,96883		-,16469
CD_FS	,96163		
CR_FS	,91946	-,13179	,30737
CA_FS	-,87920	,43885	-,10081
C_FS	-,85840	,47698	
V_FS	,85299	-,31652	,23362
CORG_FS	-,83837	,29940	,42004

AG: VA BHZGR: 0

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
ZN_FS	-,83786	-,53930	
AL_FS	,80423	,16193	-,38929
CO_FS	,79111	-,45023	-,17199
NA_FS	,74834	,16980	,30253
PH	,71005	-,42022	-,28491
PB_FS	-,64024	-,62953	
K_FS	,49231	,43679	,46287
CU_FS	-,51114	-,67850	,28287
MG_FS	,46638	,66896	-,45017
FE_FS	,12236	,22269	-,78405
NI_FS	,32231	,48251	,65204

Final Statistics:

Variable	Communality	*	Factor	Eigenvalue	Pct of Var	Cum Pct
		*				
PH	,76193	*	1	9,93777	55,2	55,2
ZN_FS	,99455	*	2	3,13898	17,4	72,6
PB_FS	,80795	*	3	2,26461	12,6	85,2
CU_FS	,80164	*				
CD_FS	,93239	*				
NI_FS	,76185	*				
CO_FS	,85814	*				
FE_FS	,67929	*				
MG_FS	,86768	*				
CA_FS	,97575	*				
MN_FS	,97463	*				
NA_FS	,68036	*				
AL_FS	,82455	*				
K_FS	,64741	*				
CR_FS	,95725	*				
V_FS	,88236	*				
CORG_FS	,96893	*				
C_FS	,96469	*				

AG: VA BHZGR: O

VARIMAX rotation 1 for extraction 1 in analysis 1 - Kaiser Normalization.

VARIMAX converged in 6 iterations.

Rotated Factor Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
C_FS	-,97733		
CA_FS	-,96480		-,21159
CO_FS	,91783	,11906	
CORG_FS	-,89103	-,39532	,13682
V_FS	,86554		,36415
MN_FS	-,84294	-,21295	-,46770
PH	,84215	,17880	-,14401
CR_FS	,81262		,53925
CD_FS	,78184	,33278	,45867
MG_FS		,91431	,17177
CU_FS		-,83227	-,32330
ZN_FS	-,39723	-,71462	-,57104
FE_FS		,69315	-,44460
AL_FS	,60417	,67014	,10218
PB_FS	-,17743	-,64469	-,60070
NI_FS			,87080
K_FS	,13166	,19131	,77037
NA_FS	,50364	,21526	,61675

Factor Transformation Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Factor 1	,82824	,39238	,40007
Factor 2	-,55571	,66697	,49633
Factor 3	-,07209	-,63340	,77046

AG: VG BHZGR: O

Analysis number 1 Listwise deletion of cases with missing values

	Mean	Std Dev	Label
PH	8,08750	,30443	
ZN_FS	539,18700	177,20687	
PB_FS	193,00237	54,24482	
CU_FS	79,09238	29,64304	
CD_FS	8,22638	1,92471	
NI_FS	29,04663	4,32389	
CO_FS	11,15975	2,10579	
FE_FS	21510,56300	2361,29864	
MG_FS	3375,26988	344,76600	
CA_FS	6106,52713	1995,79996	
MN_FS	655,82963	120,48666	
NA_FS	391,12700	99,91391	
AL_FS	18638,69338	2718,22886	
K_FS	2023,24625	386,65191	

CR_FS	42,09563	4,21667
V_FS	44,07800	7,88531
CORG_FS	1,20500	,84743
C_FS	,06050	,05056

Number of Cases = 8

Extraction 1 for analysis 1, Principal Components Analysis (PC)

PC extracted 3 factors.

Factor Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
PB_FS	,94944	-,18757	
CORG_FS	,94899	-,11307	
ZN_FS	,91959	,25795	
C_FS	,86294		,11972
CU_FS	,85393	,25759	-,20249
CA_FS	,84541	,16159	,25047
FE_FS	-,81679	,29539	,45029

AG: VG BHZGR: 0

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
NI_FS	-,80976	-,33373	-,44867
V_FS	,76155	,30155	
CO_FS	-,64502	,32208	-,60428
K_FS		,91557	
NA_FS		,89198	-,23426
CD_FS	,42789	,78083	-,22319
AL_FS	-,44508	,70433	,54459
PH	-,42119	,64695	
MN_FS	-,31330	-,26797	,81670
MG_FS	-,59446	,37700	,68706
CR_FS	-,59098	,16098	-,59424

Final Statistics:

Variable	Communality	*	Factor	Eigenvalue	Pct of Var	Cum Pct
		*				
PH	,59794	*	1	8,52416	47,4	47,4
ZN_FS	,91961	*	2	3,99839	22,2	69,6
PB_FS	,94590	*	3	2,80929	15,6	85,2
CU_FS	,83656	*				
CD_FS	,84259	*				
NI_FS	,96838	*				
CO_FS	,88493	*				
FE_FS	,95716	*				
MG_FS	,96755	*				
CA_FS	,80357	*				
MN_FS	,83696	*				
NA_FS	,85747	*				
AL_FS	,99076	*				
K_FS	,84268	*				

CR_FS ,72830 *

V_FS ,67412 *

CORG_FS ,91831 *

C_FS ,75904 *

AG: VG BHZGR: O

VARIMAX rotation 1 for extraction 1 in analysis 1 - Kaiser Normalization.

VARIMAX converged in 6 iterations.

Rotated Factor Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
NI_FS	-,94358		-,26442
CA_FS	,87229	-,13925	,15264
PB_FS	,87149	-,40975	-,13603
CORG_FS	,86328	-,41200	
CO_FS	-,83250	-,12585	,41957
C_FS	,81754	-,29860	
CR_FS	-,78961	-,18487	,26578
ZN_FS	,78601	-,43295	,33815
V_FS	,71601	-,22708	,33148
CU_FS	,67371	-,50080	,36315
MG_FS	-,18107	,95644	,14136
AL_FS		,85259	,50448
FE_FS	-,49265	,83835	,10786
MN_FS		,76558	-,49276
NA_FS			,92585
K_FS	,11889	,25157	,87479
CD_FS	,31895	-,18244	,84118
PH	-,35443	,32835	,60374

Factor Transformation Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Factor 1	,88208	-,46537	,07329
Factor 2	,05871	,26294	,96302
Factor 3	,46743	,84516	-,25926

AG: VW BHZGR: O

Analysis number 1 Listwise deletion of cases with missing values

	Mean	Std Dev	Label
PH	6,36000	,36469	
ZN_FS	1071,04860	200,39429	
PB_FS	542,41560	96,37676	
CU_FS	162,91580	24,27994	
CD_FS	7,47820	2,70205	
NI_FS	28,01340	6,03250	
CO_FS	18,83080	3,05348	
FE_FS	29099,57140	1647,87734	
MG_FS	4504,06080	706,54672	

CA_FS	5241,04260	1182,42705
MN_FS	1450,33340	315,12072
NA_FS	270,87740	67,16910
AL_FS	17995,15620	1522,55325
K_FS	1391,11560	304,63442
CR_FS	39,74040	4,50220
V_FS	34,35500	5,29571
CORG_FS	4,35600	3,14355
C_FS	,03480	,03031

Number of Cases = 5

Extraction 1 for analysis 1, Principal Components Analysis (PC)

PC extracted 3 factors.

Factor Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
MN_FS	,99591		
NA_FS	,97200		
NI_FS	,95236	-,11784	-,25240
V_FS	,94501		
CR_FS	,88832	-,42321	-,13012
CO_FS	,82963	-,36501	,42233
CA_FS	,81931	,44051	

AG: VW BHZGR: O

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
PH	,80193		,50334
AL_FS	,78999	-,29973	-,49459
K_FS	,74029	,21001	-,54477
MG_FS	,67326	-,51522	-,42948
FE_FS	,12811	-,92768	,34912
PB_FS	,16399	,85317	,48896
CD_FS	,56450	,81559	
C_FS	,61819	,77912	
CORG_FS	-,13350	,19938	-,78948
ZN_FS	,58424	-,15844	,68420
CU_FS	,19440		,46768

Final Statistics:

Variable	Communality	*	Factor	Eigenvalue	Pct of Var	Cum Pct
PH	,90353	*	1	9,29488	51,6	51,6
ZN_FS	,83457	*	2	3,86987	21,5	73,1
PB_FS	,99387	*	3	2,93611	16,3	89,4
CU_FS	,25859	*				
CD_FS	,98903	*				
NI_FS	,98458	*				
CO_FS	,99988	*				
FE_FS	,99888	*				
MG_FS	,90318	*				

CA_FS	,86998	*
MN_FS	,99645	*
NA_FS	,95496	*
AL_FS	,95855	*
K_FS	,88891	*
CR_FS	,98516	*
V_FS	,90098	*
CORG_FS	,68085	*
C_FS	,99891	*

AG: VW BHZGR: O

VARIMAX rotation 1 for extraction 1 in analysis 1 - Kaiser Normalization.

VARIMAX converged in 5 iterations.

Rotated Factor Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
AL_FS	,97282		
NI_FS	,96294	,19278	,14202
CR_FS	,94117	-,10310	,29789
MG_FS	,90420	-,29100	
NA_FS	,89301	,27043	,29046
MN_FS	,85210	,40157	,33033
K_FS	,80959	,39896	-,27260
V_FS	,80237	,40421	,30627
C_FS	,27974	,94949	,13833
CD_FS	,29379	,94911	
PB_FS	-,29635	,89962	,31101
FE_FS	,22287	-,79025	,56983
CA_FS	,56027	,69915	,25936
ZN_FS	,26680	,11665	,86590
CORG_FS	,15632		-,80747
PH	,50998	,24371	,76424
CO_FS	,64522		,76373
CU_FS			,50378

Factor Transformation Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Factor 1	,86705	,34299	,36136
Factor 2	-,27649	,93462	-,22370
Factor 3	-,41445	,09405	,90520

AG: HA BHZGR: O

Analysis number 1 Listwise deletion of cases with missing values

	Mean	Std Dev	Label
PH	8,12857	,49214	
ZN_T	6137,62236	857,95258	
PB_T	4513,14450	998,81028	

CU_T	830,66629	141,83254
CD_T	19,10407	3,73233
NI_T	45,99814	13,04189
CO_T	32,84114	7,62586
FE_T	52483,46500	6829,11104
MG_T	6863,55750	701,69257
CA_T	13795,75221	4746,90748
MN_T	1357,72621	380,08920
NA_T	465,52314	39,13236
AL_T	34516,73636	7409,60855
K_T	5255,02071	1099,07111
CR_T	52,57507	8,06511
V_T	65,79321	12,07107
CORG_T	3,20914	,90038
C_T	,09929	,06889

Number of Cases = 14

Extraction 1 for analysis 1, Principal Components Analysis (PC)

PC extracted 3 factors.

Factor Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
K_T	,93750	-,15924	
V_T	,92422		,15707
ZN_T	,92291	,18119	
AL_T	,92263	-,24027	-,13730
CR_T	,92058	-,12859	
NI_T	,88828	,18823	,25070
MG_T	,86647	-,25443	

AG: HA BHZGR: O

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
CO_T	,83731		-,21956
CD_T	,81971	,15597	
FE_T	,73945	,21896	-,39404
MN_T	,68513	-,49196	,36322
NA_T	,32999		,15626
PB_T	,29824	,90693	
CU_T	,13445	,81736	-,38885
PH		,77244	
C_T		,35393	,83670
CORG_T	-,14470	,23285	,74206
CA_T	,19412		,59578

Final Statistics:

Variable	Communality	*	Factor	Eigenvalue	Pct of Var	Cum Pct
PH	,60466	*	1	8,49838	47,2	47,2
ZN_T	,89060	*	2	2,82666	15,7	62,9
PB_T	,91170	*	3	2,24807	12,5	75,4

CU_T	,83735	*
CD_T	,70122	*
NI_T	,88733	*
CO_T	,75833	*
FE_T	,75001	*
MG_T	,81931	*
CA_T	,39512	*
MN_T	,84336	*
NA_T	,13453	*
AL_T	,92783	*
K_T	,90817	*
CR_T	,86579	*
V_T	,87912	*
CORG_T	,62582	*
C_T	,83285	*

AG: HA BHZGR: O

VARIMAX rotation 1 for extraction 1 in analysis 1 - Kaiser Normalization.

VARIMAX converged in 5 iterations.

Rotated Factor Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
K_T	,94763		
AL_T	,94025	-,14583	-,14995
CR_T	,92623		
V_T	,91698		,19075
ZN_T	,90913	,25311	
MG_T	,88081	-,20469	
NI_T	,86678	,18949	,31642
CO_T	,83308	,19303	-,16448
CD_T	,80786	,22031	
FE_T	,73056	,34381	-,31320
MN_T	,71021	-,51099	,27901
NA_T	,32807		,15769
PB_T	,23236	,90143	,21246
CU_T		,88732	-,20710
PH	-,11764	,73636	,22046
C_T		,17715	,89424
CORG_T	-,17747		,76830
CA_T	,17673		,59998

Factor Transformation Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Factor 1	,99720	,06518	,03661
Factor 2	-,07135	,97598	,20583
Factor 3	-,02232	-,20787	,97790

AG: HA BHZGR: U

Analysis number 1 Listwise deletion of cases with missing values

	Mean	Std Dev	Label
PH	6,72222	,54722	
ZN_T	1223,16711	1062,97222	
PB_T	352,56722	178,92018	
CU_T	61,96578	36,62837	
CD_T	7,55578	2,54611	
NI_T	57,52111	5,38560	
CO_T	23,04589	4,46096	
FE_T	47923,02900	7427,27677	
MG_T	7096,51078	784,04912	
CA_T	6257,88967	1027,94307	
MN_T	830,71633	298,86936	
NA_T	538,41111	78,40480	
AL_T	52887,93144	6536,01599	
K_T	4815,68467	775,71686	
CR_T	78,70044	13,09354	
V_T	77,87778	5,90527	
CORG_T	,94778	,40178	
C_T	,03333	,00828	

Number of Cases = 9

Extraction 1 for analysis 1, Principal Components Analysis (PC)

PC extracted 3 factors.

Factor Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
ZN_T	,94219	,26899	
CU_T	,91905	,13426	
PB_T	,79754	,55440	
NI_T	-,75341		,23209
CD_T	,72199	,16796	-,12429
PH	,51158	-,17088	-,20473

AG: HA BHZGR: U

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
AL_T	-,33249	,76387	-,37260
MN_T	,36967	,73782	-,27354
CR_T	-,15226	,70109	-,12720
K_T	-,59845	,68423	-,17010
MG_T	-,32940	,61491	,57231
V_T	-,30659	,51333	-,21652
NA_T	-,41581	,48673	-,15249
FE_T	,25628	-,43214	-,34505
C_T	,13837	,33948	,91209
CA_T	,10500	,36337	-,86241
CORG_T	,30430	,50737	,69837
CO_T	,34125	,11497	,49831

Final Statistics:

Variable	Communality	* Factor	Eigenvalue	Pct of Var	Cum Pct
----------	-------------	----------	------------	------------	---------

		*				
PH	,33283	*	1	5,02789	27,9	27,9
ZN_T	,96384	*	2	4,12859	22,9	50,9
PB_T	,94983	*	3	3,21044	17,8	68,7
CU_T	,86453	*				
CD_T	,56493	*				
NI_T	,62417	*				
CO_T	,37799	*				
FE_T	,37148	*				
MG_T	,81416	*				
CA_T	,88681	*				
MN_T	,75587	*				
NA_T	,43306	*				
AL_T	,83288	*				
K_T	,85525	*				
CR_T	,53089	*				
V_T	,40438	*				
CORG_T	,83774	*				
C_T	,96630	*				

AG: HA BHZGR: U

VARIMAX rotation 1 for extraction 1 in analysis 1 - Kaiser Normalization.

VARIMAX converged in 5 iterations.

Rotated Factor Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
ZN_T	,94604	-,12363	,23143
PB_T	,92709	,22423	,20012
CU_T	,90481	-,19785	
NI_T	-,76411	,14729	,13639
CD_T	,74827		
MN_T	,62425	,60215	
PH	,46581	-,26376	-,21513
AL_T		,90957	
K_T	-,31401	,86772	
CR_T		,70819	,14084
V_T		,62971	
NA_T	-,20774	,62424	
C_T			,98017
CORG_T	,29504		,86068
MG_T	-,23619	,46257	,73784
CA_T	,38417	,56757	-,64582
CO_T	,25086	-,18874	,52861
FE_T	,17739	-,35308	-,46406

Factor Transformation Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Factor 1	,93050	-,35830	,07605
Factor 2	,30422	,87163	,38433
Factor 3	-,20399	-,33449	,92006

AG: HG BHZGR: O

Analysis number 1 Listwise deletion of cases with missing values

	Mean	Std Dev	Label
PH	8,26667	,37771	
ZN_T	6383,94217	716,73033	
PB_T	5185,18767	731,44427	
CU_T	1017,44733	99,09845	
CD_T	18,73450	2,05410	
NI_T	54,43417	5,97585	
CO_T	33,73183	4,26620	
FE_T	58342,55017	7435,60121	
MG_T	6784,70133	237,74725	
CA_T	10451,06600	2006,22938	
MN_T	1636,13450	302,54606	
NA_T	542,08183	94,22068	
AL_T	33870,38417	2953,69670	
K_T	5316,51883	397,28753	
CR_T	52,87233	3,13789	
V_T	68,90233	5,09445	
CORG_T	2,21600	1,05079	
C_T	,05450	,03116	

Number of Cases = 6

Extraction 1 for analysis 1, Principal Components Analysis (PC)

PC extracted 3 factors.

Factor Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
FE_T	,95410	,27881	
MG_T	,93307	,13147	,30486
CD_T	,91650	-,23283	,17290
PB_T	,90541	-,20590	-,14963
CR_T	,89611		,44148
CU_T	,88469	-,24370	-,25471
AL_T	,86758	,39075	

AG: HG BHZGR: O

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
ZN_T	,71931		,60274
NI_T	,71470	-,67900	
V_T	-,62426	-,43301	,54569
K_T	,37191	,88228	
MN_T	-,28030	,86733	,38081
NA_T	,35987	-,86113	,24035
CA_T	-,37935	-,84801	,29210
CO_T	,43333	,75726	,24611
PH	-,37017	,40484	-,17159
CORG_T	-,12135		,94031

C_T -,52466 ,29096 ,75943

Final Statistics:

Variable	Communality	*	Factor	Eigenvalue	Pct of Var	Cum Pct
		*				
PH	,33037	*	1	8,30207	46,1	46,1
ZN_T	,88103	*	2	4,86920	27,1	73,2
PB_T	,88455	*	3	2,92032	16,2	89,4
CU_T	,90694	*				
CD_T	,92408	*				
NI_T	,97492	*				
CO_T	,82179	*				
FE_T	,99737	*				
MG_T	,98084	*				
CA_T	,94835	*				
MN_T	,97584	*				
NA_T	,92881	*				
AL_T	,90656	*				
K_T	,91836	*				
CR_T	,99882	*				
V_T	,87497	*				
CORG_T	,90130	*				
C_T	,93666	*				

AG: HG BHZGR: O

VARIMAX rotation 1 for extraction 1 in analysis 1 - Kaiser Normalization.

VARIMAX converged in 5 iterations.

Rotated Factor Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
CR_T	,98229	,15431	,10061
CD_T	,94244		-,18894
MG_T	,93338	,33094	
ZN_T	,87140	,14377	,31784
PB_T	,80834		-,47936
NI_T	,80497	-,48427	-,30402
FE_T	,77542	,51232	-,36555
CU_T	,75841		-,57598
AL_T	,69742	,59383	-,25987
PH	-,48006	,31423	
K_T	,14700	,94684	
CA_T		-,93688	,25687
CO_T	,33309	,81703	,20807
NA_T	,58700	-,76313	
MN_T	-,28746	,73618	,59267
C_T	-,25516		,92946
CORG_T	,22595		,91999
V_T	-,27987	-,61796	,64403

Factor Transformation Matrix:

Factor 1 Factor 2 Factor 3

Factor 1	,90823	,24626	-,33833
Factor 2	-,19943	,96551	,16741
Factor 3	,36788	-,08457	,92602

AG: HG BHZGR: U

Analysis number 1 Listwise deletion of cases with missing values

	Mean	Std Dev	Label
PH	6,55000	,27386	
ZN_T	5738,60283	1468,11220	
PB_T	3872,63917	1728,41993	
CU_T	644,56867	298,07332	
CD_T	21,03400	5,16692	
NI_T	57,27300	6,77698	
CO_T	39,95300	13,31443	
FE_T	57312,63500	13326,28359	
MG_T	7244,71383	263,86583	
CA_T	6915,48083	2040,93056	
MN_T	1568,78150	824,55411	
NA_T	566,67617	74,31506	
AL_T	40991,71317	3788,62685	
K_T	6178,66667	396,73908	
CR_T	61,07067	6,46043	
V_T	73,77533	8,99098	
CORG_T	1,94417	,54349	
C_T	,04917	,01729	

Number of Cases = 6

Extraction 1 for analysis 1, Principal Components Analysis (PC)

PC extracted 3 factors.

Factor Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
FE_T	,98577	,11522	
CU_T	,92761	,12548	-,24177
AL_T	-,91975	,33325	-,16777
MN_T	,88182	,26288	,14030
PB_T	,86855	,20773	-,22723
ZN_T	,86553	,41247	-,14097
CR_T	-,85773	,46954	

AG: HG BHZGR: U

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
CA_T	,78740	,12338	,56011
K_T	-,73985	,33593	,22726
NA_T	-,63993	,47471	-,36340
MG_T	-,58023	,11618	,54300
NI_T	,25861	,87093	-,36169
CORG_T	-,38653	,81531	,19102

V_T	-,57548	,77064	,20693
CD_T	,42678	,76861	-,46721
CO_T	,18117	,71396	,31443
PH	,30889	,68805	,20280
C_T	,48763	,19707	,75531

Final Statistics:

Variable	Communality	*	Factor	Eigenvalue	Pct of Var	Cum Pct
		*				
PH	,60995	*	1	8,70417	48,4	48,4
ZN_T	,93915	*	2	4,63972	25,8	74,1
PB_T	,84916	*	3	2,11492	11,7	85,9
CU_T	,93465	*				
CD_T	,99118	*				
NI_T	,95622	*				
CO_T	,64143	*				
FE_T	,98507	*				
MG_T	,64501	*				
CA_T	,94894	*				
MN_T	,86640	*				
NA_T	,76693	*				
AL_T	,98514	*				
K_T	,71188	*				
CR_T	,96209	*				
V_T	,96787	*				
CORG_T	,85062	*				
C_T	,84711	*				

AG: HG BHZGR: U

VARIMAX rotation 1 for extraction 1 in analysis 1 - Kaiser Normalization.

VARIMAX converged in 7 iterations.

Rotated Factor Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
CD_T	,94574	,30807	
ZN_T	,85585	-,12427	,43730
NI_T	,83719	,50326	
CU_T	,79286	-,41868	,36156
PB_T	,79223	-,31734	,34760
FE_T	,69022	-,39370	,59470
MG_T	-,60062	,52173	,10985
V_T		,97823	
CORG_T		,91717	
CR_T	-,25068	,79775	-,51268
K_T	-,41233	,70444	-,21361
AL_T	-,31600	,69275	-,63670
NA_T		,62167	-,61509
CO_T	,33721	,58117	,43585
PH	,46497	,46802	,41799
CA_T	,26966	-,14941	,92407
C_T		,11008	,91369

MN_T ,63277 -,18598 ,65682

Factor Transformation Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Factor 1	,64020	-,49824	,58472
Factor 2	,54727	,82996	,10800
Factor 3	-,53911	,25086	,80401

AG: HW BHZGR: O

Analysis number 1 Listwise deletion of cases with missing values

	Mean	Std Dev	Label
PH	6,93333	,48941	
ZN_T	7435,28007	2321,99401	
PB_T	5002,47660	1685,90597	
CU_T	636,32767	217,58114	
CD_T	27,89640	8,09852	
NI_T	55,41093	7,08087	
CO_T	33,77513	9,29583	
FE_T	63561,27080	12299,97499	
MG_T	7117,95720	697,68640	
CA_T	9004,84953	3024,80672	
MN_T	2041,59127	693,18303	
NA_T	547,37020	68,86844	
AL_T	41464,71953	4071,08013	
K_T	6166,71693	1154,74338	
CR_T	59,61700	5,79856	
V_T	70,88560	8,33861	
CORG_T	2,98133	,70157	
C_T	,05947	,01896	

Number of Cases = 15

Extraction 1 for analysis 1, Principal Components Analysis (PC)

PC extracted 3 factors.

Factor Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
MG_T	,82838	-,34194	,16017
V_T	,80827	-,51554	
K_T	,75710	-,46975	,14440
CR_T	,70771	-,49590	
AL_T	,70447	-,58026	
CO_T	,69598	,47839	-,12100
NI_T	,67920	,13907	,43143

AG: HW BHZGR: O

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
PB_T	,67447	,30793	

CA_T	,13257	,68774	,52458
CD_T	,50101	,66297	
MN_T	,25842	,65092	-,14552
ZN_T	,38170	,64456	
CU_T	,54746	,62700	-,11610
FE_T	,29138	,56391	-,42141
NA_T	,36387	-,36793	,34862
C_T	-,25414	,13308	,85303
CORG_T	-,21294	-,33652	,67422
PH	-,13690	,50305	,64301

Final Statistics:

Variable	Communality	*	Factor	Eigenvalue	Pct of Var	Cum Pct
		*				
PH	,68527	*	1	5,43721	30,2	30,2
ZN_T	,56296	*	2	4,51119	25,1	55,3
PB_T	,55102	*	3	2,47954	13,8	69,0
CU_T	,70632	*				
CD_T	,69997	*				
NI_T	,66678	*				
CO_T	,72788	*				
FE_T	,58048	*				
MG_T	,82880	*				
CA_T	,76574	*				
MN_T	,51166	*				
NA_T	,38931	*				
AL_T	,84052	*				
K_T	,81471	*				
CR_T	,75389	*				
V_T	,91953	*				
CORG_T	,61316	*				
C_T	,80995	*				

AG: HW BHZGR: O

VARIMAX rotation 1 for extraction 1 in analysis 1 - Kaiser Normalization.

VARIMAX converged in 5 iterations.

Rotated Factor Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
V_T	,93015		-,22705
AL_T	,90472		-,12826
K_T	,90043		
MG_T	,89270	,17814	
CR_T	,82395		-,27313
NI_T	,57154	,44058	,38212
NA_T	,57128	-,13713	,21010
CU_T		,83651	
CD_T		,80806	,20525
CO_T	,27972	,80299	
ZN_T		,73245	,16009
MN_T	-,17417	,69374	
FE_T	-,16134	,68235	-,29808

PB_T	,37320	,64110	
C_T		-,16186	,88073
PH	-,24098	,23373	,75668
CA_T	-,14820	,55450	,66054
CORG_T	,15796	-,49054	,58956

Factor Transformation Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Factor 1	,81183	,57526	-,10007
Factor 2	-,54049	,80520	,24397
Factor 3	,22092	-,14397	,96461

AG: HW BHZGR: U

Analysis number 1 Listwise deletion of cases with missing values

	Mean	Std Dev	Label
PH	6,04444	,94751	
ZN_T	1206,19611	624,93217	
PB_T	427,11400	227,67723	
CU_T	66,97944	23,24463	
CD_T	10,71856	3,19046	
NI_T	57,10656	16,68140	
CO_T	27,30622	6,36526	
FE_T	47098,25000	8356,03709	
MG_T	6665,14967	910,45177	
CA_T	6559,22444	1655,82213	
MN_T	1433,36567	532,30542	
NA_T	542,51456	39,92905	
AL_T	44806,97511	5141,01708	
K_T	5533,78156	1303,18143	
CR_T	67,18533	9,05861	
V_T	72,21478	7,11955	
CORG_T	1,93111	,82481	
C_T	,04578	,02005	

Number of Cases = 9

Extraction 1 for analysis 1, Principal Components Analysis (PC)

PC extracted 3 factors.

Factor Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
NI_T	,89692	,17179	,19874
MG_T	,89304		,32226
K_T	,87475	,13256	,20584
V_T	,84350	,34519	-,18469
AL_T	,79144	,26460	,21748
CORG_T	-,75113	,49624	,25544
FE_T	,74773	,10456	,62418

AG: HW BHZGR: U

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
CU_T	,65069	,35062	-,43559
C_T	-,59373	,55625	,17301
CR_T	,58122	-,35029	-,51121
CO_T	,49894	,27191	-,25296
ZN_T	-,18155	,89845	-,13016
PB_T	-,14165	,87910	-,31624
CD_T	,39304	,78829	,13963
NA_T		-,58842	-,15748
CA_T	-,50066	,57202	,15599
PH			,93387
MN_T	-,23844	-,15114	,67575

Final Statistics:

Variable	Communality	*	Factor	Eigenvalue	Pct of Var	Cum Pct
		*				
PH	,87782	*	1	6,70626	37,3	37,3
ZN_T	,85711	*	2	4,03230	22,4	59,7
PB_T	,89290	*	3	2,78130	15,5	75,1
CU_T	,73607	*				
CD_T	,79537	*				
NI_T	,87348	*				
CO_T	,38686	*				
FE_T	,95964	*				
MG_T	,90796	*				
CA_T	,60220	*				
MN_T	,53633	*				
NA_T	,37115	*				
AL_T	,74368	*				
K_T	,82513	*				
CR_T	,72185	*				
V_T	,86477	*				
CORG_T	,87570	*				
C_T	,69187	*				

AG: HW BHZGR: U

VARIMAX rotation 1 for extraction 1 in analysis 1 - Kaiser Normalization.

VARIMAX converged in 5 iterations.

Rotated Factor Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
NI_T	,92217	-,10342	,11132
FE_T	,91470		-,34332
K_T	,89414	-,13243	
MG_T	,89335	-,32633	
AL_T	,85818		
V_T	,78957		,49010
ZN_T		,88883	,25712
PB_T		,83709	,43838

CORG_T	-,45796	,73586	-,35282
C_T	-,32814	,73272	-,21751
CA_T	-,24582	,71585	-,17126
CD_T	,61200	,63131	,14926
NA_T	-,20094	-,57451	
PH	,28841		-,89064
MN_T			-,73185
CU_T	,53168		,66938
CR_T	,25651	-,57269	,57278
CO_T	,43611		,43826

Factor Transformation Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Factor 1	,90161	-,32021	,29080
Factor 2	,26647	,94075	,20971
Factor 3	,34072	,11158	-,93352

AG: VA BHZGR: O

Analysis number 1 Listwise deletion of cases with missing values

	Mean	Std Dev	Label
PH	7,70000	,32071	
ZN_T	2013,80775	400,53867	
PB_T	531,25263	64,53635	
CU_T	220,06613	64,09223	
CD_T	9,85925	1,47604	
NI_T	35,99763	10,35624	
CO_T	16,46350	4,64700	
FE_T	37093,08338	4422,17164	
MG_T	7054,77125	657,25105	
CA_T	17877,34213	6519,03168	
MN_T	792,96688	234,58002	
NA_T	567,59187	100,16659	
AL_T	40575,94100	6273,28805	
K_T	7637,76175	2594,23792	
CR_T	56,76275	7,42549	
V_T	67,45575	21,39048	
CORG_T	3,59288	,78504	
C_T	,16600	,13836	

Number of Cases = 8

Extraction 1 for analysis 1, Principal Components Analysis (PC)

PC extracted 3 factors.

Factor Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
AL_T	,93746	,32770	
CR_T	,91082	,16529	,31544
PH	,89267	-,27856	
NA_T	,87081	,43204	-,15385

MG_T	,78880	,45993	,36831
V_T	,74225	,43923	-,18038
CA_T	-,66332	,44329	,46667

AG: VA BHZGR: O

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
CO_T	,22900		,20439
CD_T	-,42203	,87673	
FE_T	,42416	,81589	,24612
K_T	,39810	,81075	-,23402
CORG_T	-,55859	,75391	-,14593
CU_T	,48529	-,72123	,41070
MN_T	-,54025	,71437	,34858
NI_T	,34476		,78646
ZN_T	-,23360	-,50928	,73394
C_T	-,54811	,48255	,63981
PB_T		-,22510	,40642

Final Statistics:

Variable	Communality	*	Factor	Eigenvalue	Pct of Var	Cum Pct
		*				
PH	,88383	*	1	6,75958	37,6	37,6
ZN_T	,85260	*	2	5,23730	29,1	66,6
PB_T	,21653	*	3	2,71941	15,1	81,8
CU_T	,92435	*				
CD_T	,94681	*				
NI_T	,74114	*				
CO_T	,09443	*				
FE_T	,90616	*				
MG_T	,96939	*				
CA_T	,85429	*				
MN_T	,92369	*				
NA_T	,96864	*				
AL_T	,98673	*				
K_T	,87056	*				
CR_T	,95641	*				
V_T	,77639	*				
CORG_T	,90170	*				
C_T	,94265	*				

AG: VA BHZGR: O

VARIMAX rotation 1 for extraction 1 in analysis 1 - Kaiser Normalization.

VARIMAX converged in 5 iterations.

Rotated Factor Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
MG_T	,96181		,20757
AL_T	,95511	-,26803	
NA_T	,92534	-,21389	-,25813
CR_T	,89653	-,27339	,27910

FE_T	,82890	,46384	
V_T	,81817	-,14603	-,29268
K_T	,72229	,30700	-,50459
CO_T	,21687		,20702
MN_T		,96094	
CD_T	,11733	,89338	-,36730
C_T		,89233	,37267
CA_T	-,23271	,86660	,22166
CORG_T		,82844	-,45621
PH	,60715	-,67381	,24735
ZN_T	-,33947		,85869
NI_T	,45305	,12834	,72070
CU_T		-,67058	,68341
PB_T			,45952

Factor Transformation Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Factor 1	,82810	-,55767	,05711
Factor 2	,53374	,75319	-,38447
Factor 3	,17139	,34886	,92137

AG: VG BHZGR: O

Analysis number 1 Listwise deletion of cases with missing values

	Mean	Std Dev	Label
PH	8,15000	,20000	
ZN_T	1153,97788	306,62086	
PB_T	365,52350	87,48971	
CU_T	163,30063	54,86543	
CD_T	7,54888	,58435	
NI_T	36,63438	11,71109	
CO_T	14,59150	3,55498	
FE_T	39466,39138	5683,76729	
MG_T	6427,27688	781,37851	
CA_T	10535,33863	1736,25583	
MN_T	906,16088	140,57258	
NA_T	491,51463	46,24291	
AL_T	39393,67362	6793,86295	
K_T	4272,98888	697,55504	
CR_T	77,75625	13,55423	
V_T	60,85237	16,66066	
CORG_T	2,58225	,89059	
C_T	,06213	,01655	

Number of Cases = 8

Extraction 1 for analysis 1, Principal Components Analysis (PC)

PC extracted 3 factors.

Factor Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
--	----------	----------	----------

MG_T	,93822	-,21551	,18642
AL_T	,92652	-,23678	-,19739
FE_T	,91833	-,33752	
CR_T	,78553	,23785	-,34537
K_T	,78382		-,49866
NI_T	,76935		,34851
MN_T	,64944		,55352

AG: VG BHZGR: O

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
CO_T	,61503	,20057	,57409
NA_T	,53218	,22894	-,32640
ZN_T	,38688	,88481	
PB_T	,37185	,88226	
CORG_T	-,36969	,86760	,26953
CU_T	,36336	,80954	-,25853
CA_T		,79976	
C_T	-,55928	,75937	,13586
PH	-,15700		-,82351
CD_T		-,46604	,73592
V_T	,28012	-,15993	-,35977

Final Statistics:

Variable	Communality	*	Factor	Eigenvalue	Pct of Var	Cum Pct
PH	,71139	*	1	6,46298	35,9	35,9
ZN_T	,93785	*	2	4,80880	26,7	62,6
PB_T	,92006	*	3	2,82434	15,7	78,3
CU_T	,85423	*				
CD_T	,75910	*				
NI_T	,71765	*				
CO_T	,74807	*				
FE_T	,95936	*				
MG_T	,96146	*				
CA_T	,64188	*				
MN_T	,72989	*				
NA_T	,44217	*				
AL_T	,95347	*				
K_T	,86323	*				
CR_T	,79291	*				
V_T	,23348	*				
CORG_T	,96204	*				
C_T	,90789	*				

AG: VG BHZGR: O

VARIMAX rotation 1 for extraction 1 in analysis 1 - Kaiser Normalization.

VARIMAX converged in 5 iterations.

Rotated Factor Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
--	----------	----------	----------

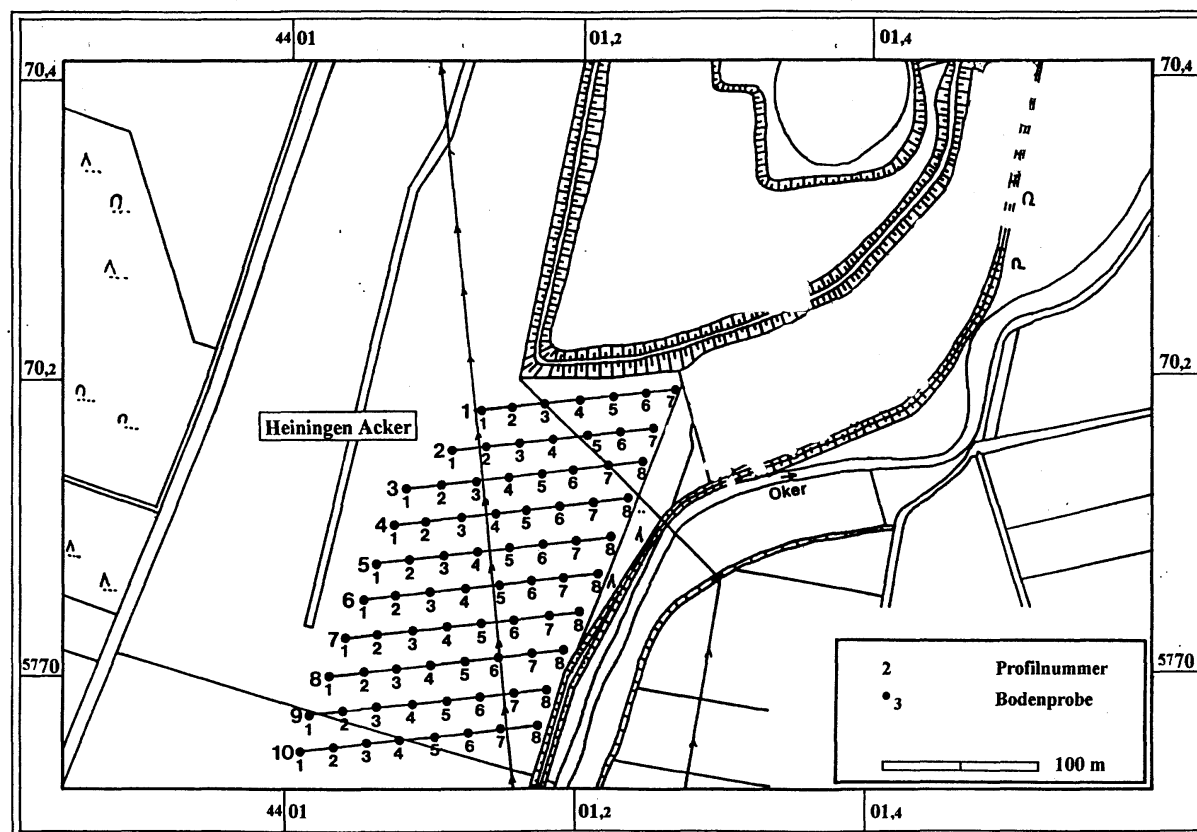
AL_T	,91262		,33995
K_T	,91154	,17968	
FE_T	,79346	-,19234	,54110
CR_T	,79090	,38683	,13325
MG_T	,71282		,66838
C_T	-,66981	,64785	-,19885
NA_T	,57325	,33678	
V_T	,45249		-,14815
ZN_T	,12247	,92480	,25998
PB_T	,11817	,92117	,23988
CU_T	,29399	,87573	
CA_T		,79531	
CORG_T	-,60428	,77244	
MN_T	,23193		,81679
CO_T	,16414	,24392	,81340
PH	,32824		-,77568
NI_T	,43648	,15467	,70937
CD_T	-,29633	-,51938	,63367

Factor Transformation Matrix:

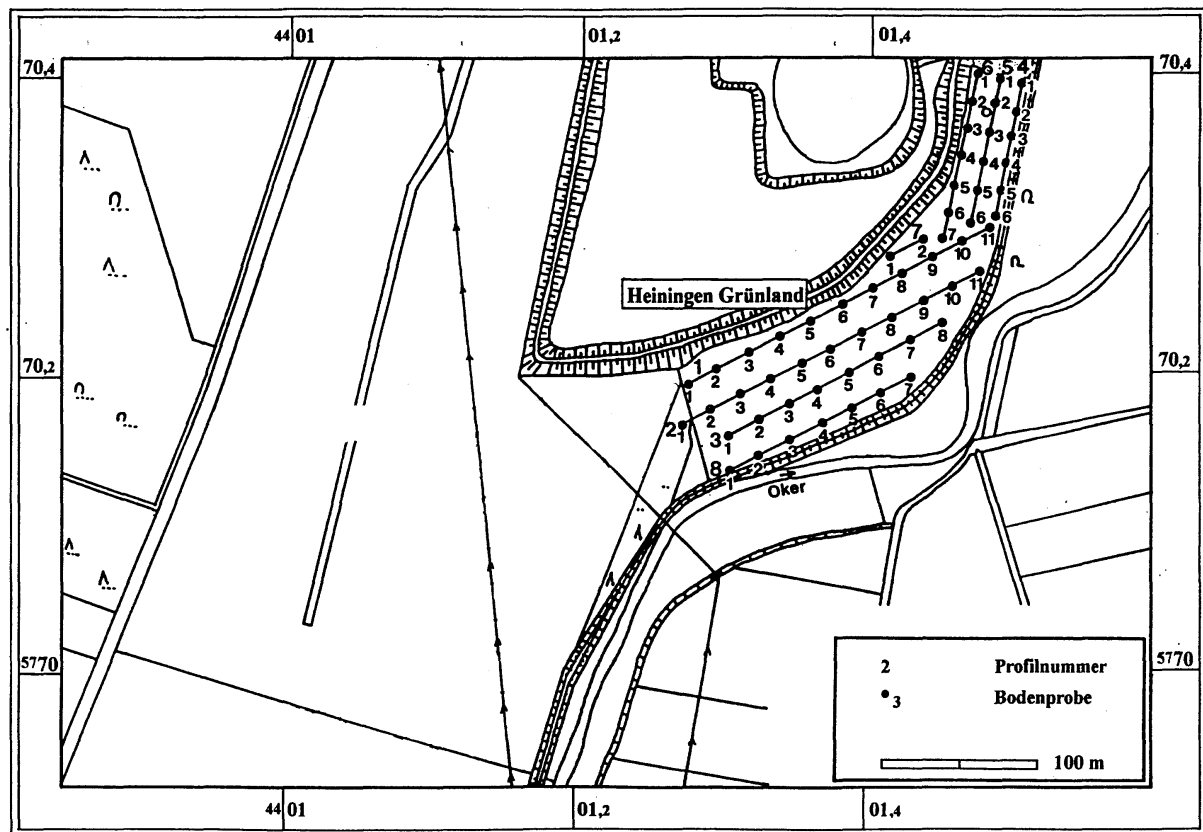
	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Factor 1	,82525	,15649	,54265
Factor 2	-,17838	,98388	-,01246
Factor 3	-,53586	-,08651	,83986

C Geochemische Kartierung

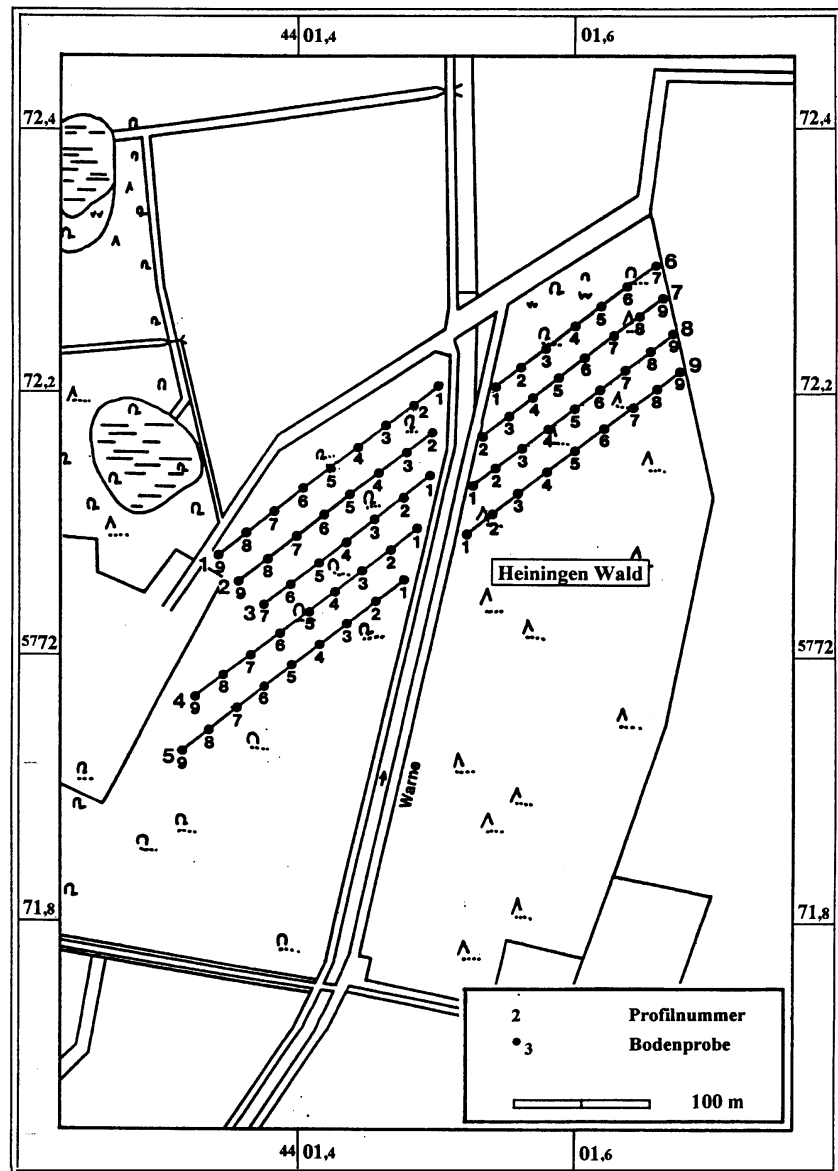
C.1 Probenpunktkarten



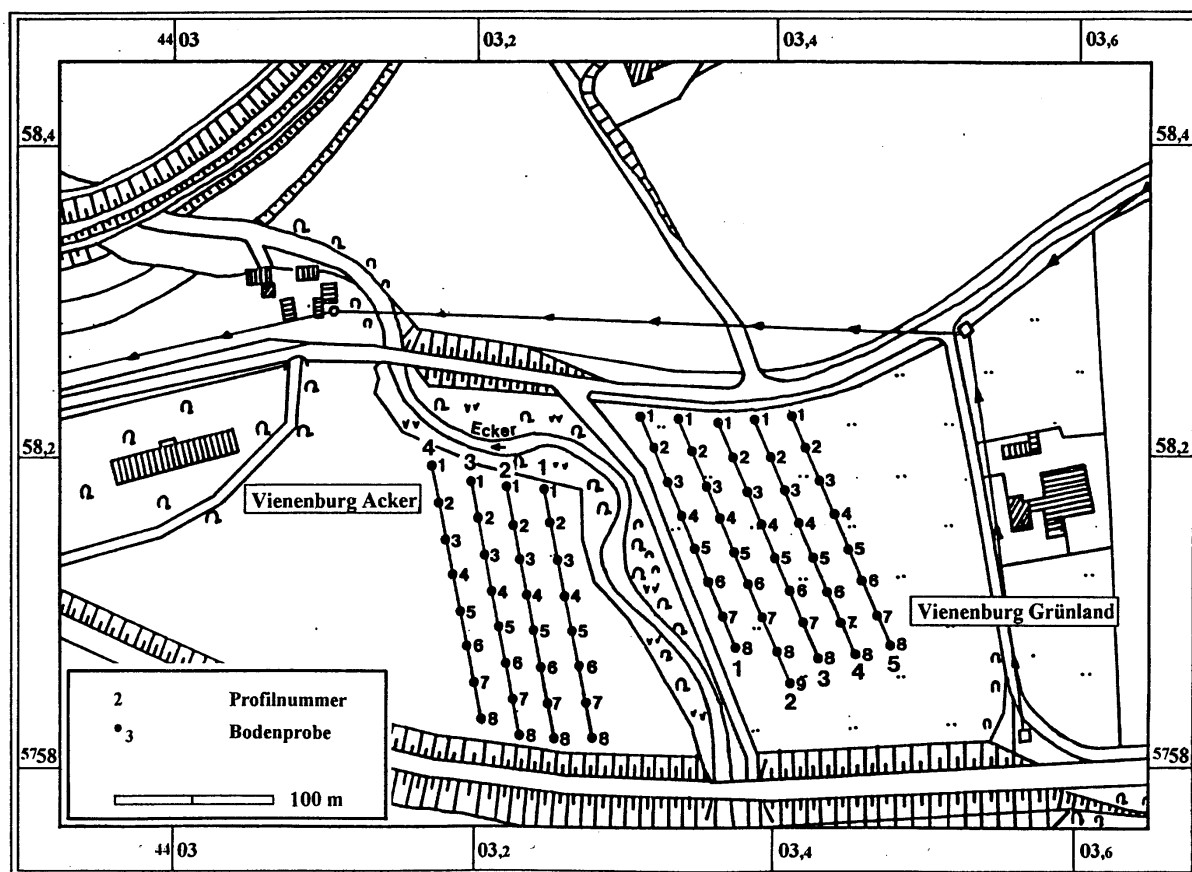
Tafel 1: Heiningen Acker: Probepunktkarte



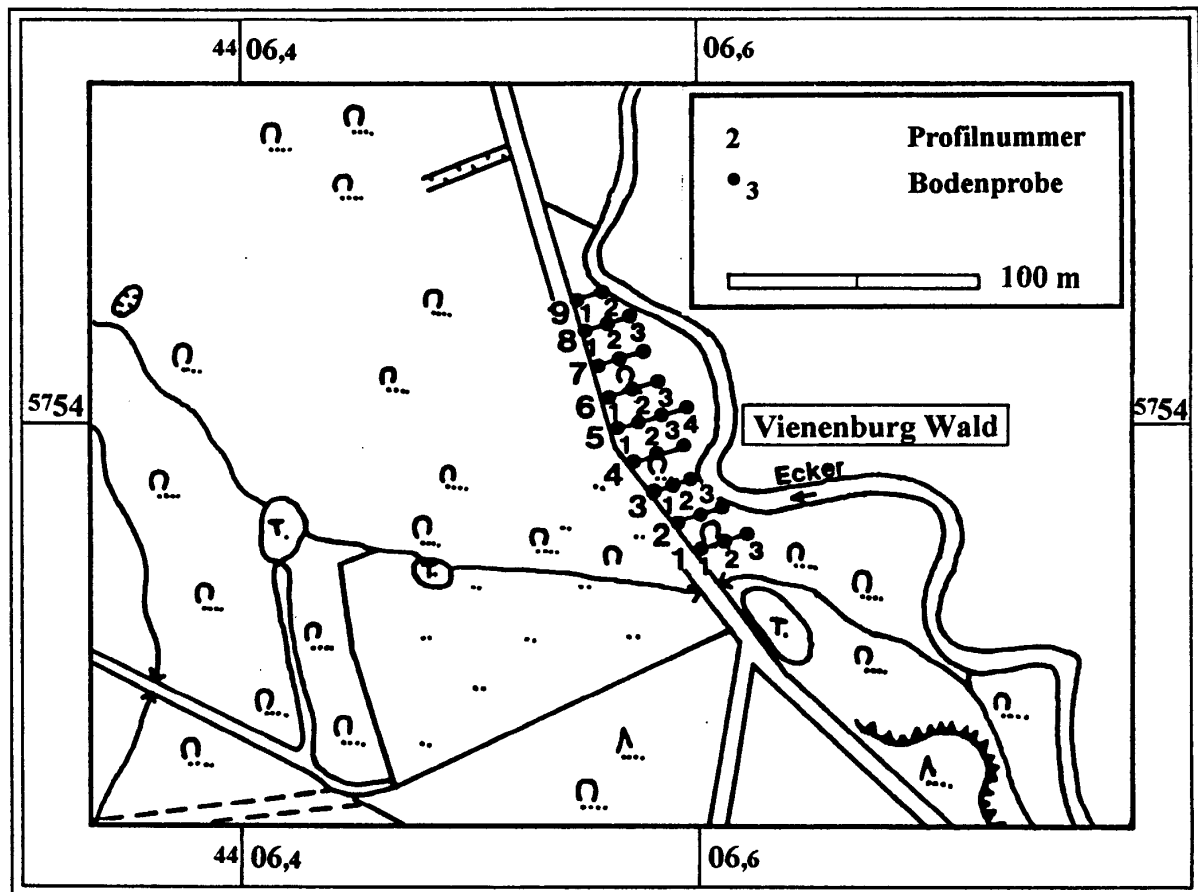
Tafel 2: Heiningen Grünland: Probepunktkarte



Tafel 3: Heiningen Wald: Probepunktkarte

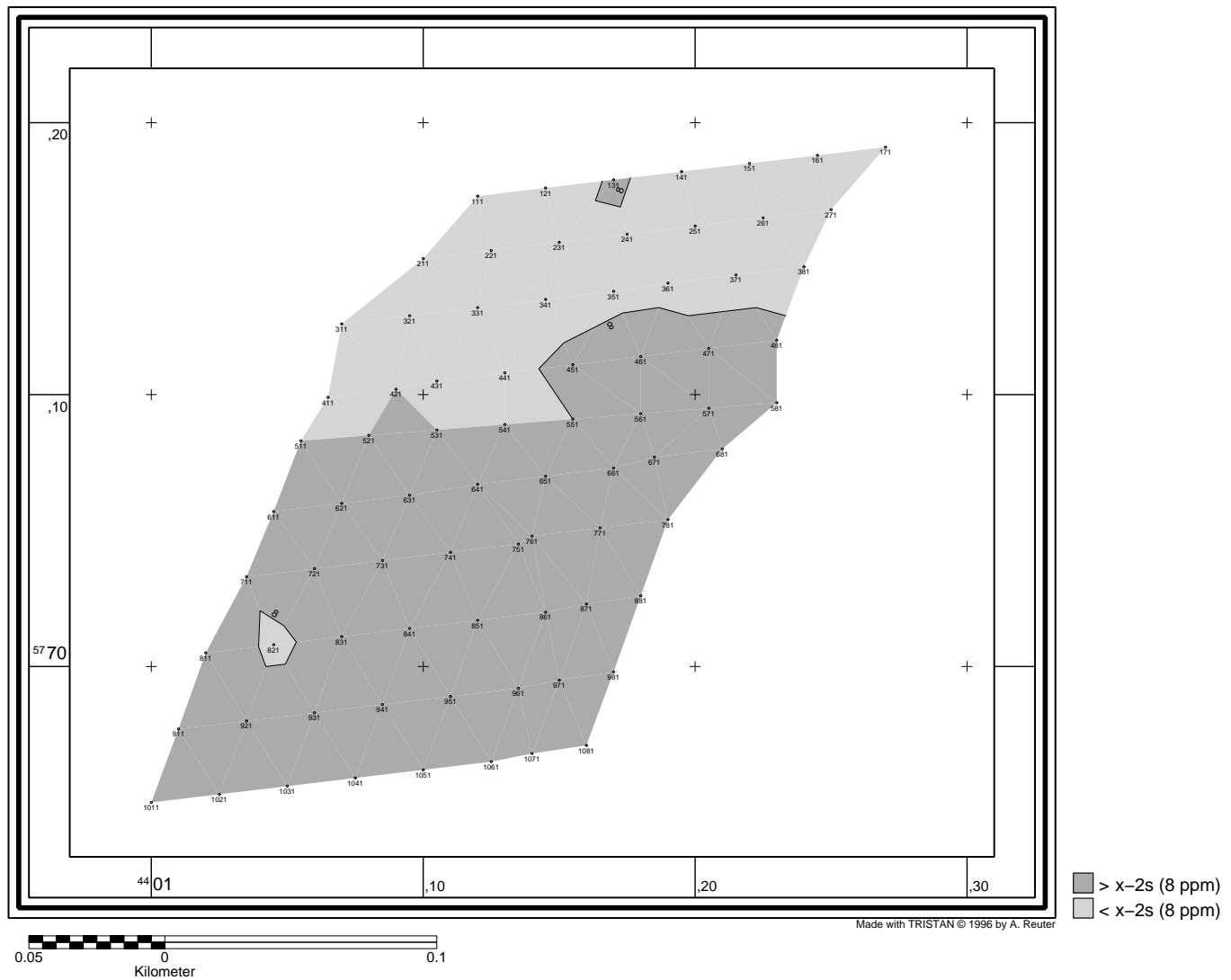


Tafel 4: Vienenburg Acker / Grünland: Probepunktkarte

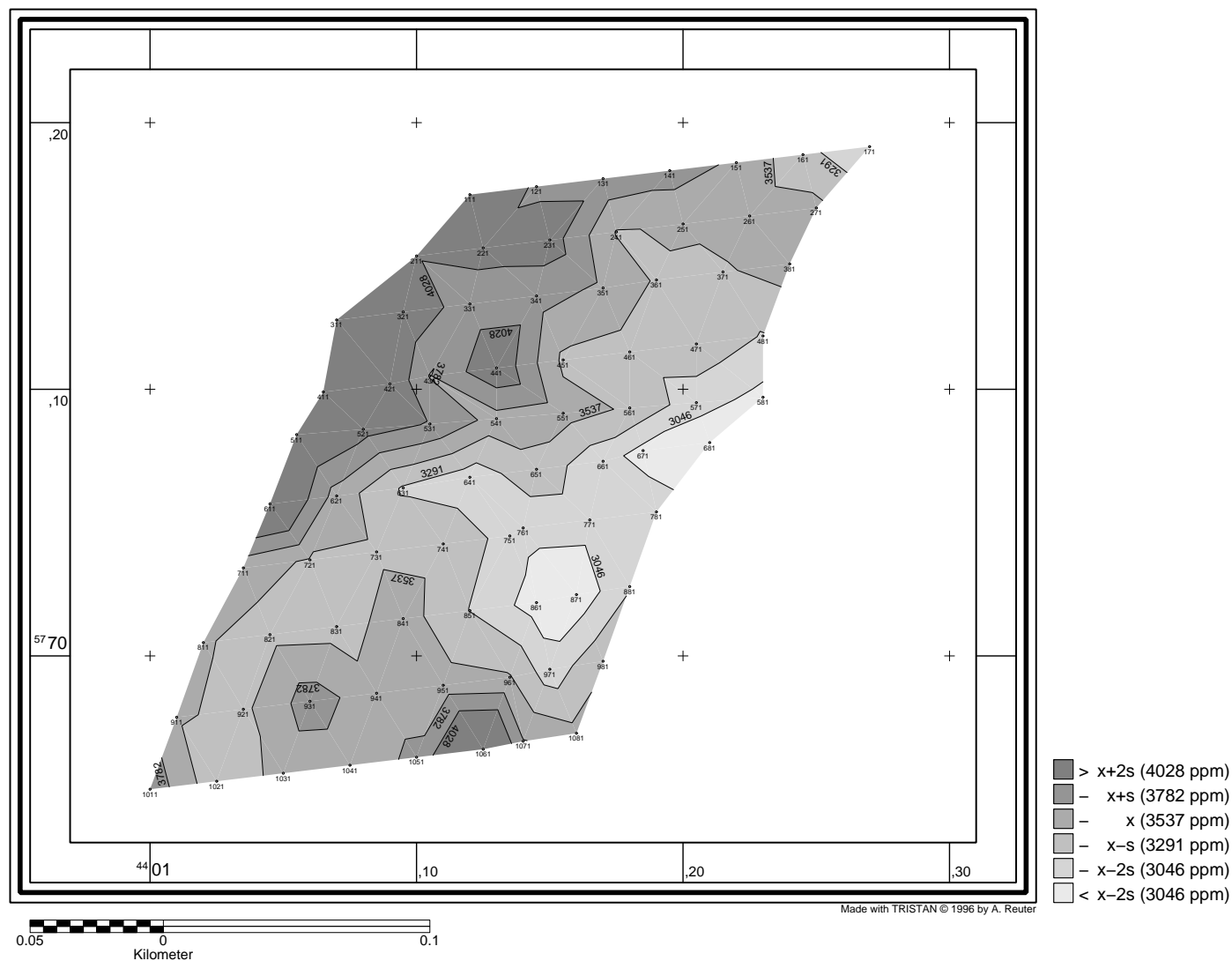


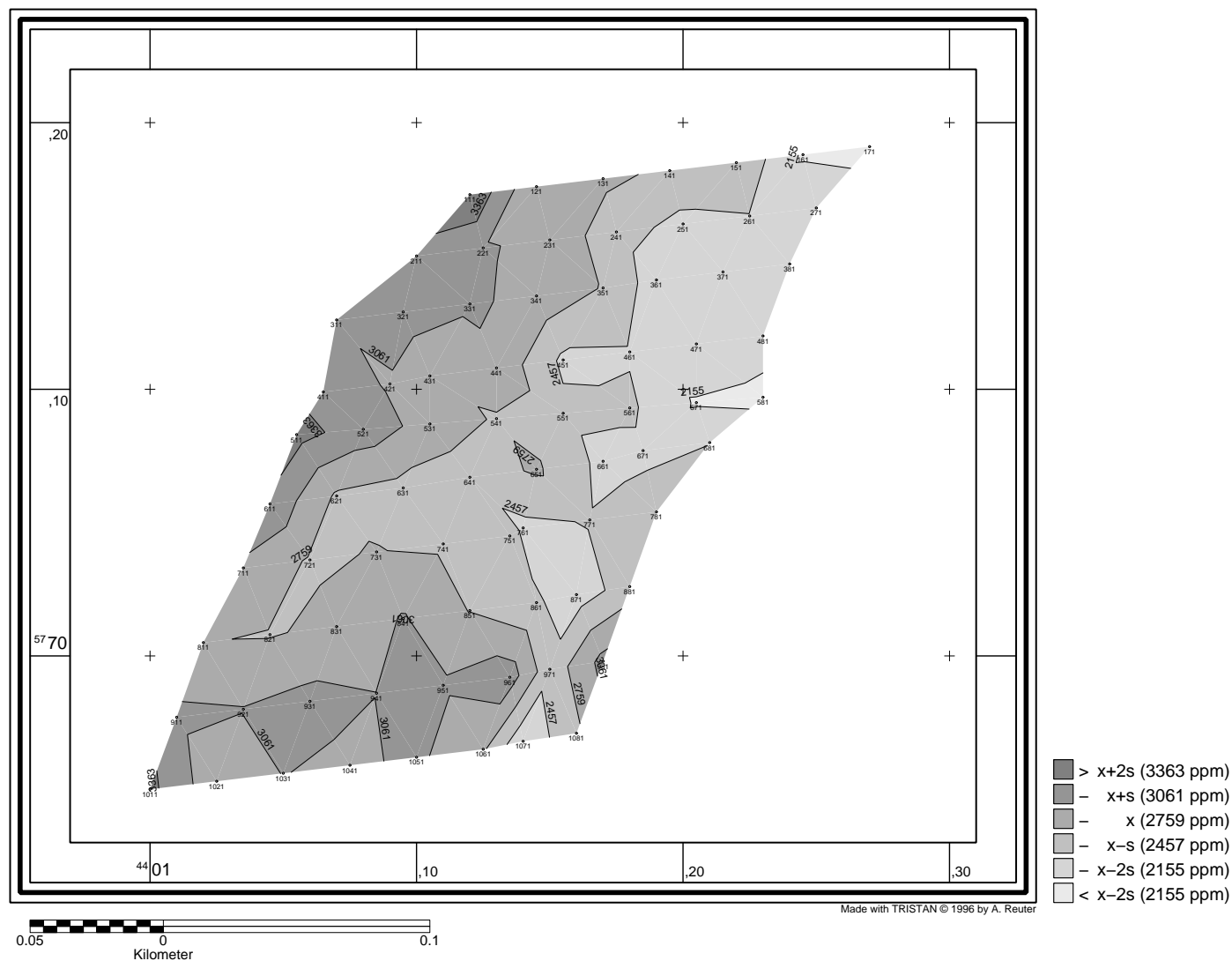
Tafel 5: Vienenburg Wald: Probepunktkarte

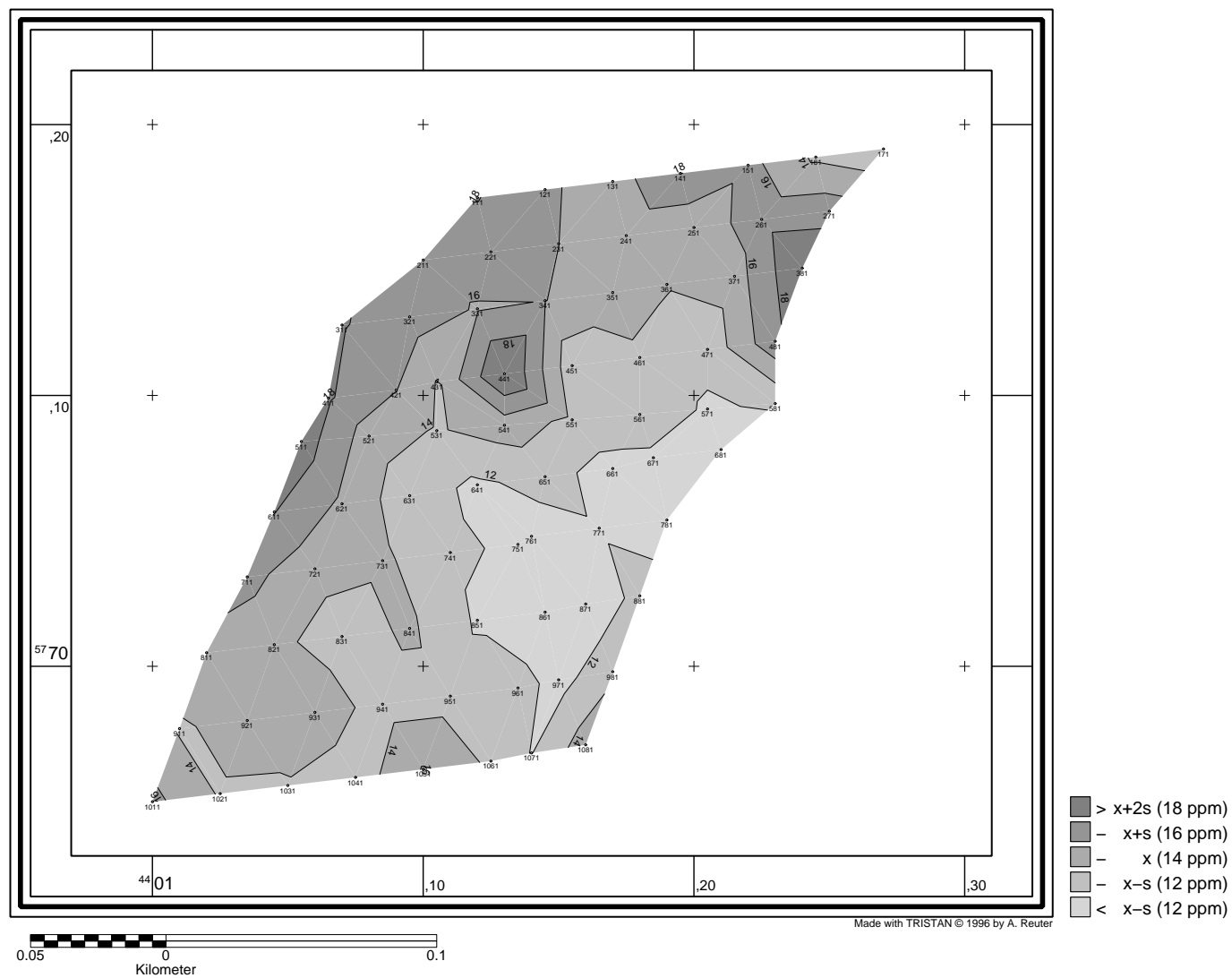
C.2 pH- und Elementverteilungskarten

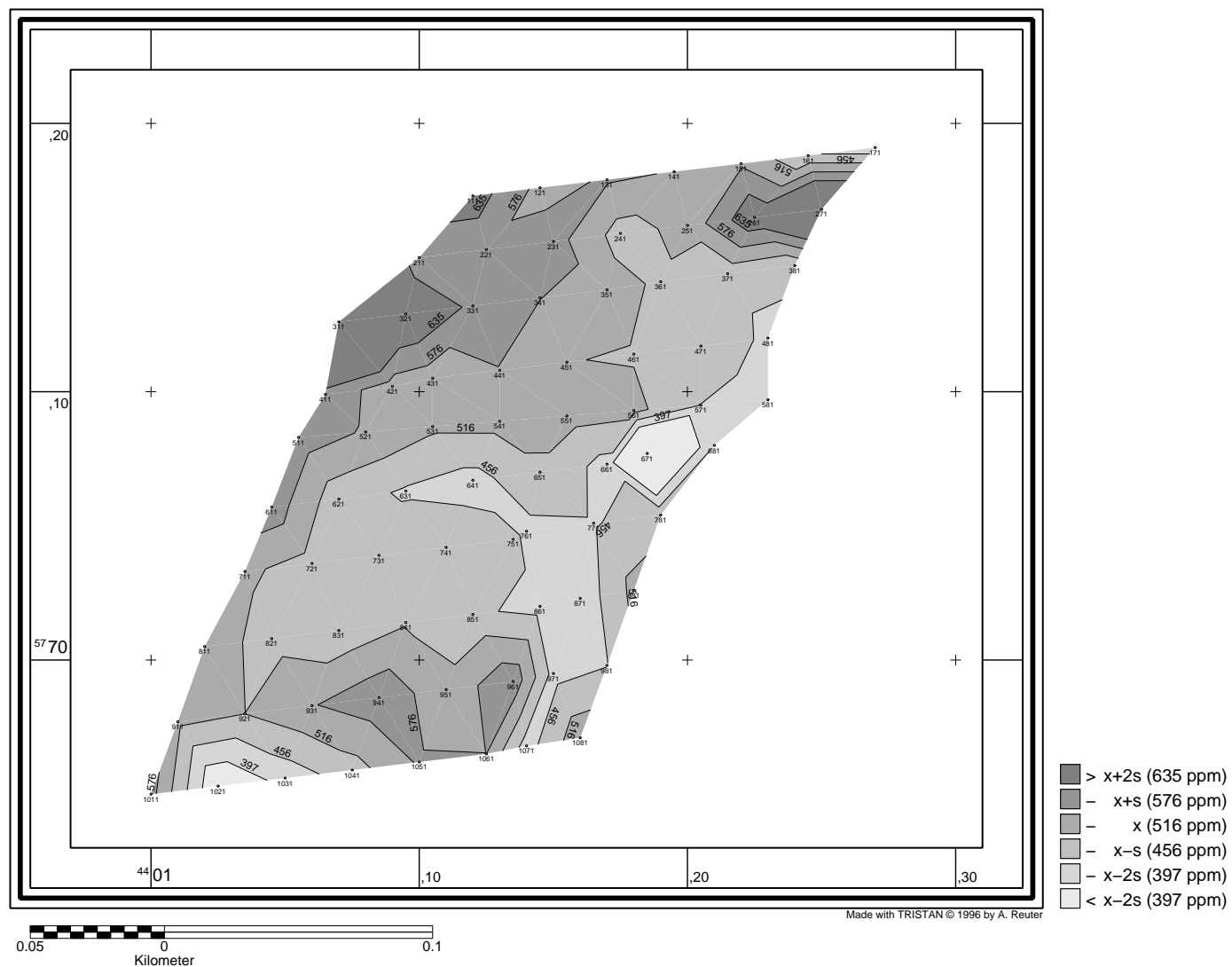


Tafel 6: Heiningen Acker: pH-Verteilung im A_p-Horizont

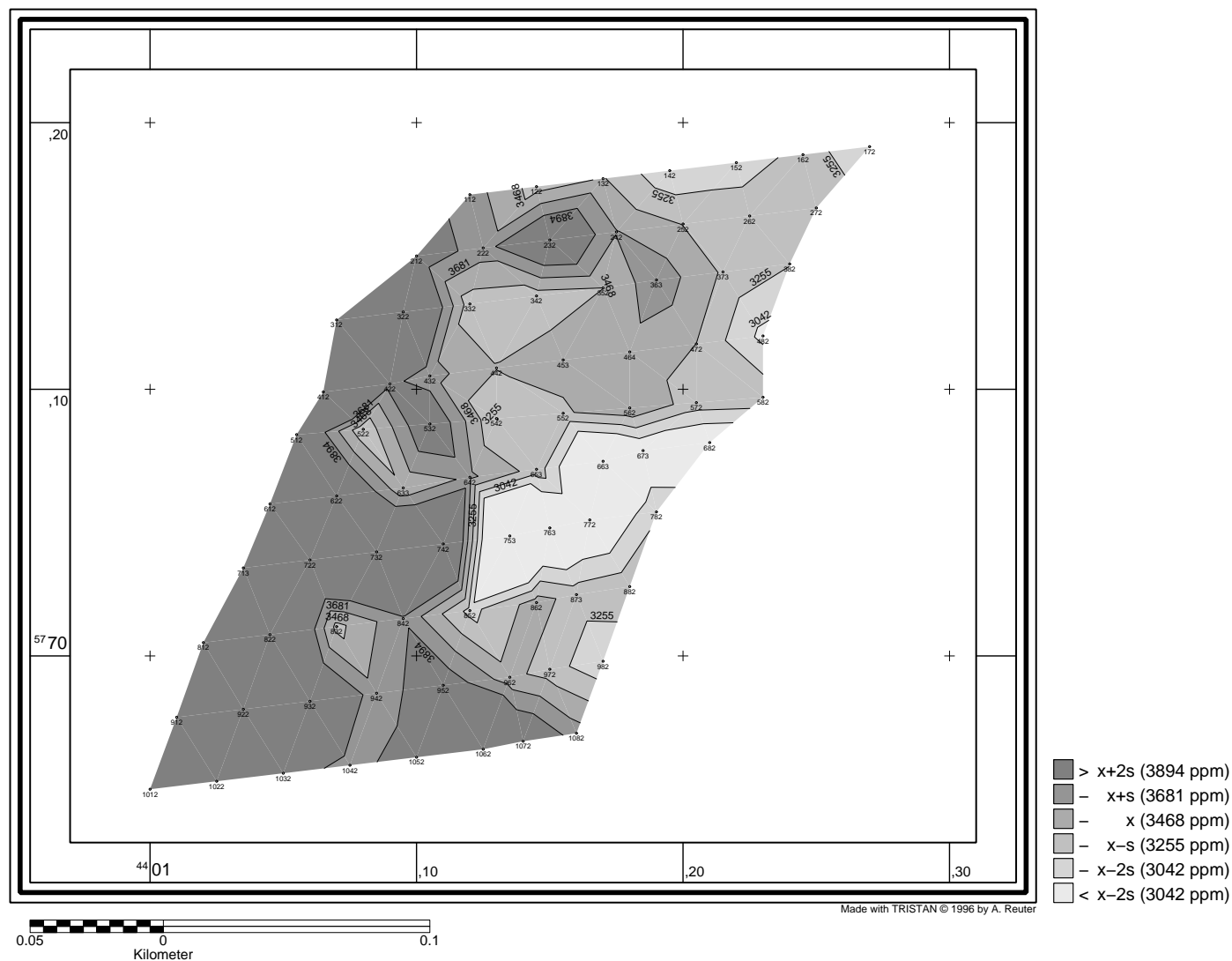
Tafel 7: Heiningen Acker: Zn-Verteilung im A_p-Horizont

Tafel 8: Heiningen Acker: Pb-Verteilung im A_p-Horizont

Tafel 9: Heiningen Acker: Cd-Verteilung im A_p-Horizont

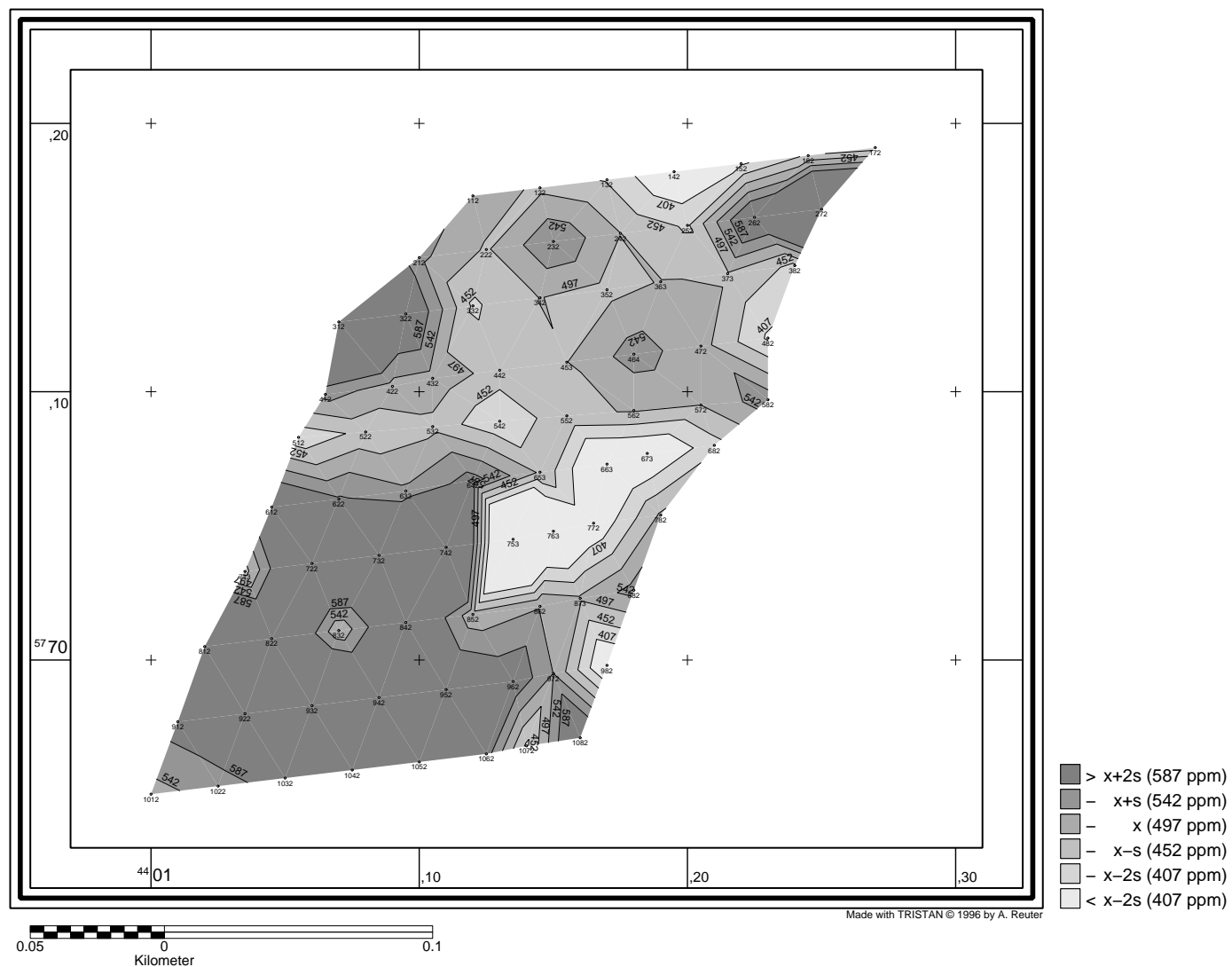
Tafel 10: Heiningen Acker: Cu-Verteilung im A_p-Horizont

Tafel 11: Heiningen Acker: pH-Verteilung im G_0 -Horizont

Tafel 12: Heiningen Acker: Zn-Verteilung im G₀-Horizont

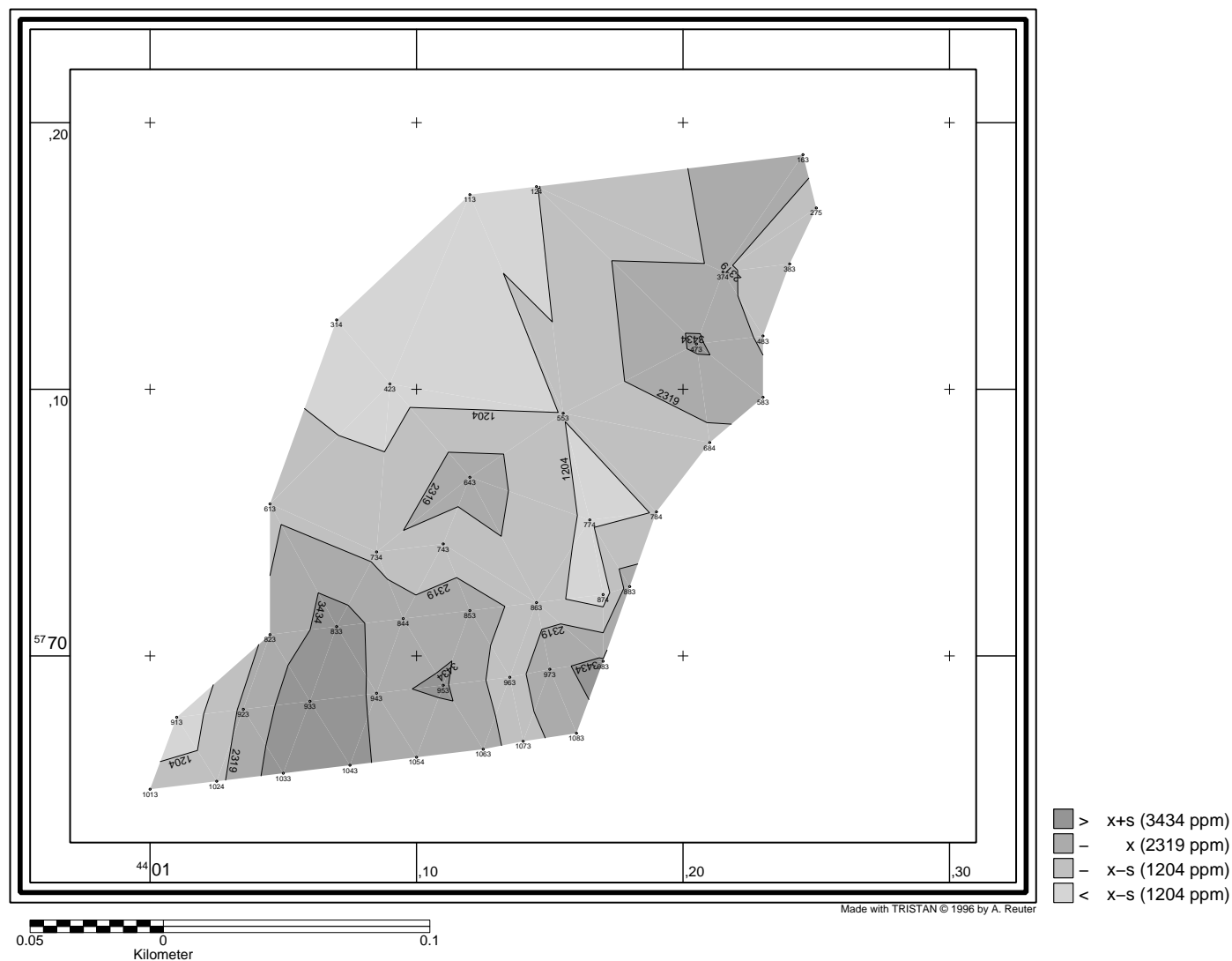
Tafel 13: Heiningen Acker: Pb-Verteilung im G₀-Horizont

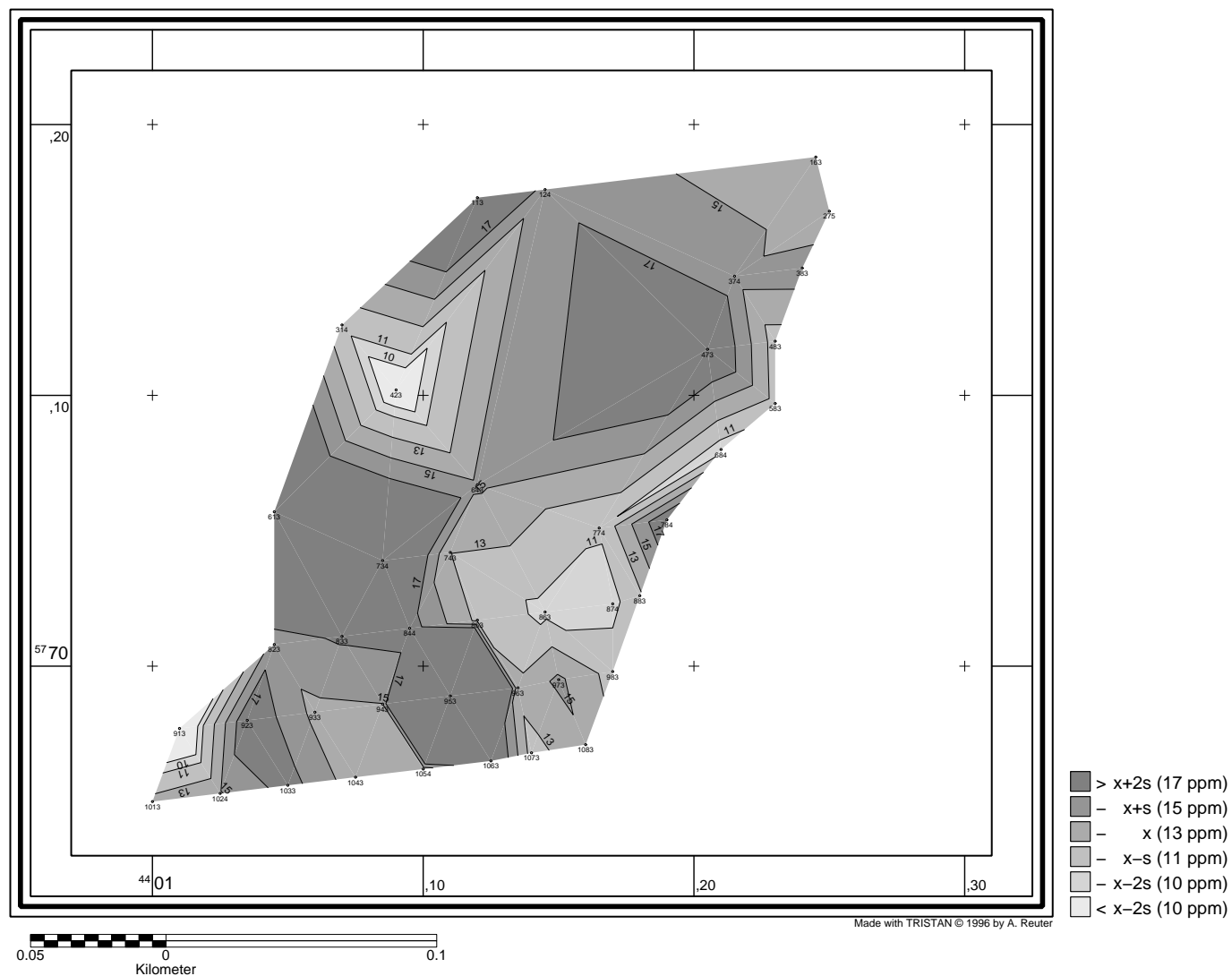
Tafel 14: Heiningen Acker: Cd-Verteilung im G₀-Horizont

Tafel 15: Heiningen Acker: Cu-Verteilung im G₀-Horizont

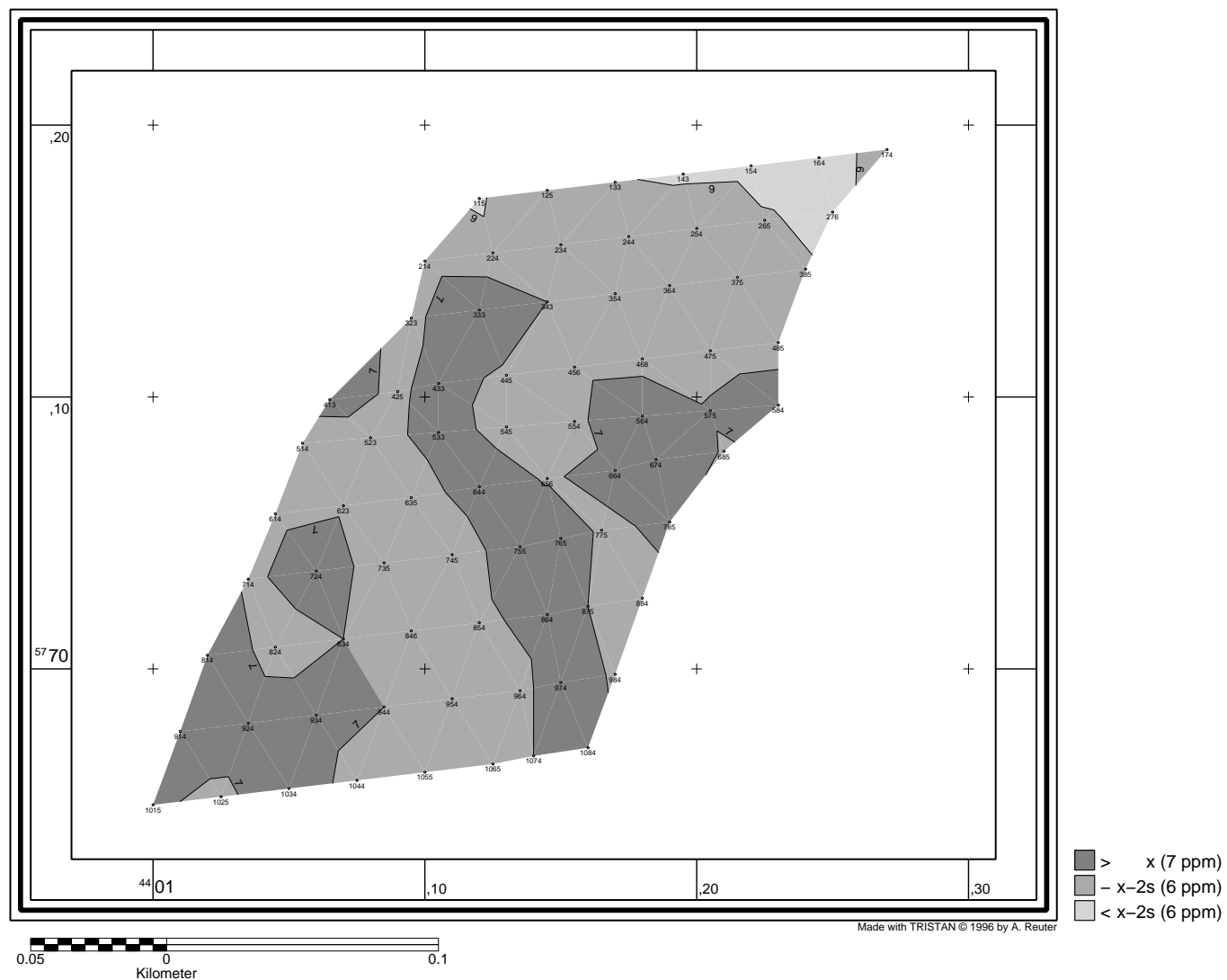
Tafel 16: Heiningen Acker: pH-Verteilung im G_{ro} -Horizont

Tafel 17: Heiningen Acker: Zn-Verteilung im G₀-Horizont

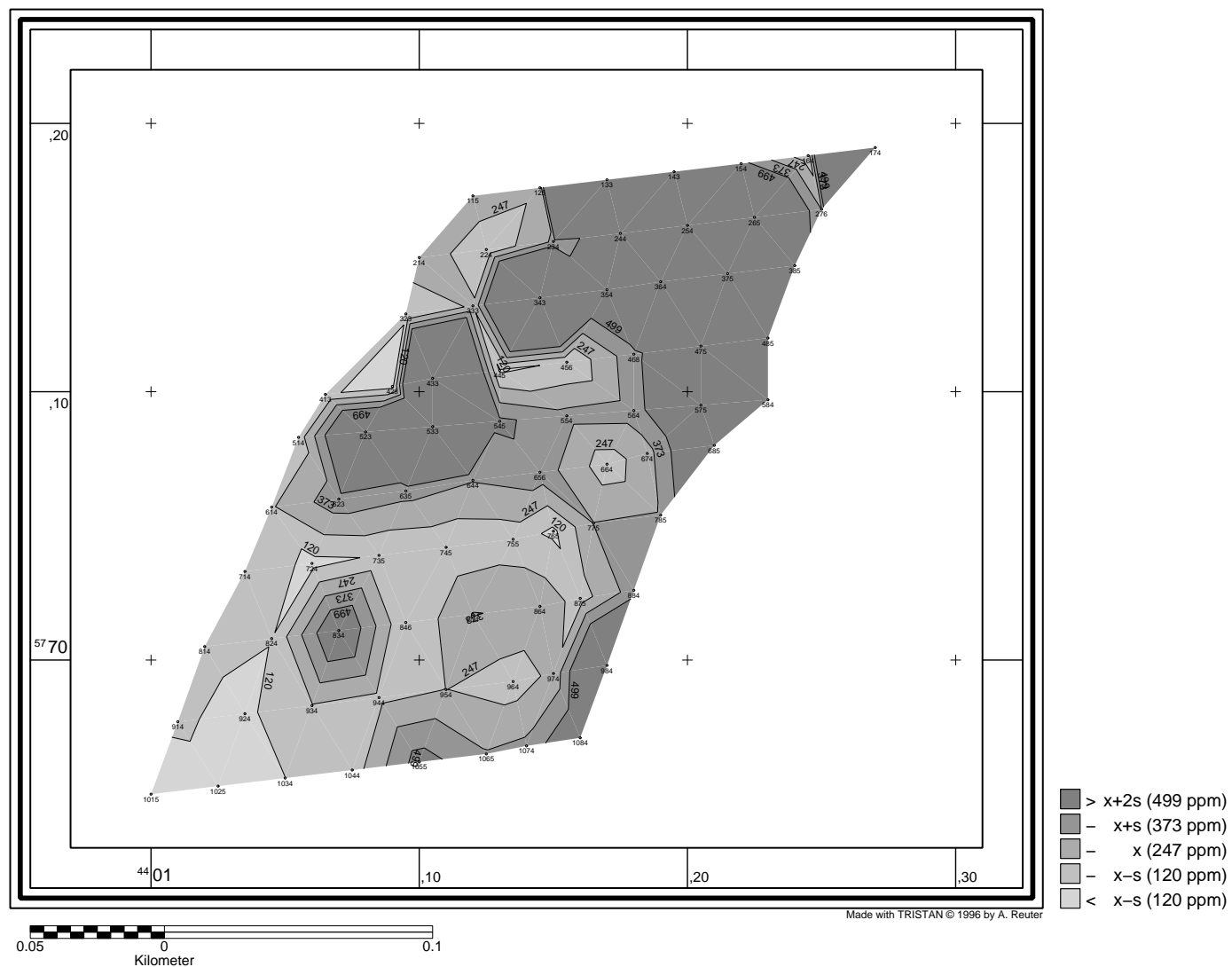
Tafel 18: Heiningen Acker: Pb-Verteilung im G₀-Horizont

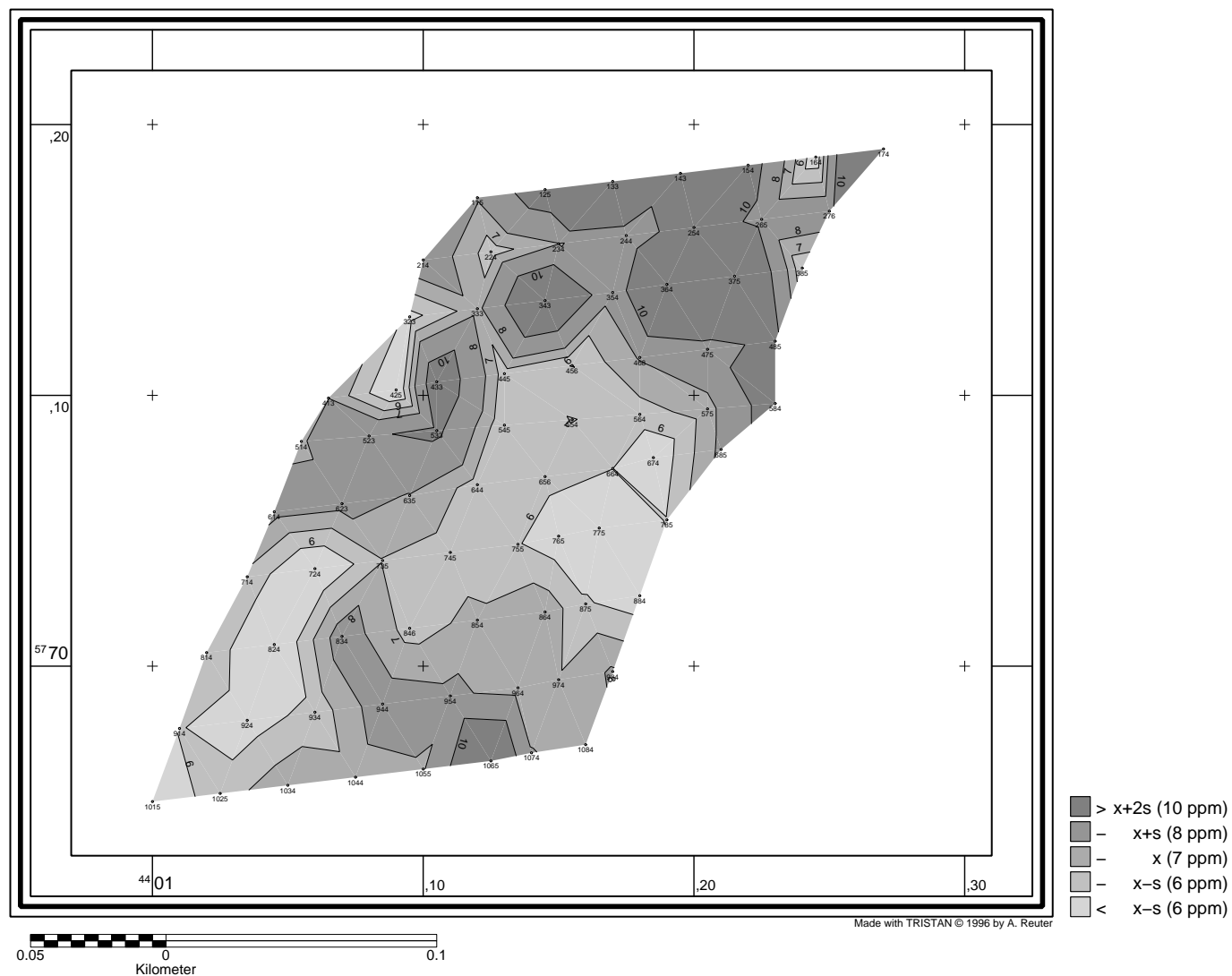
Tafel 19: Heiningen Acker: Cd-Verteilung im G_{r0} -Horizont

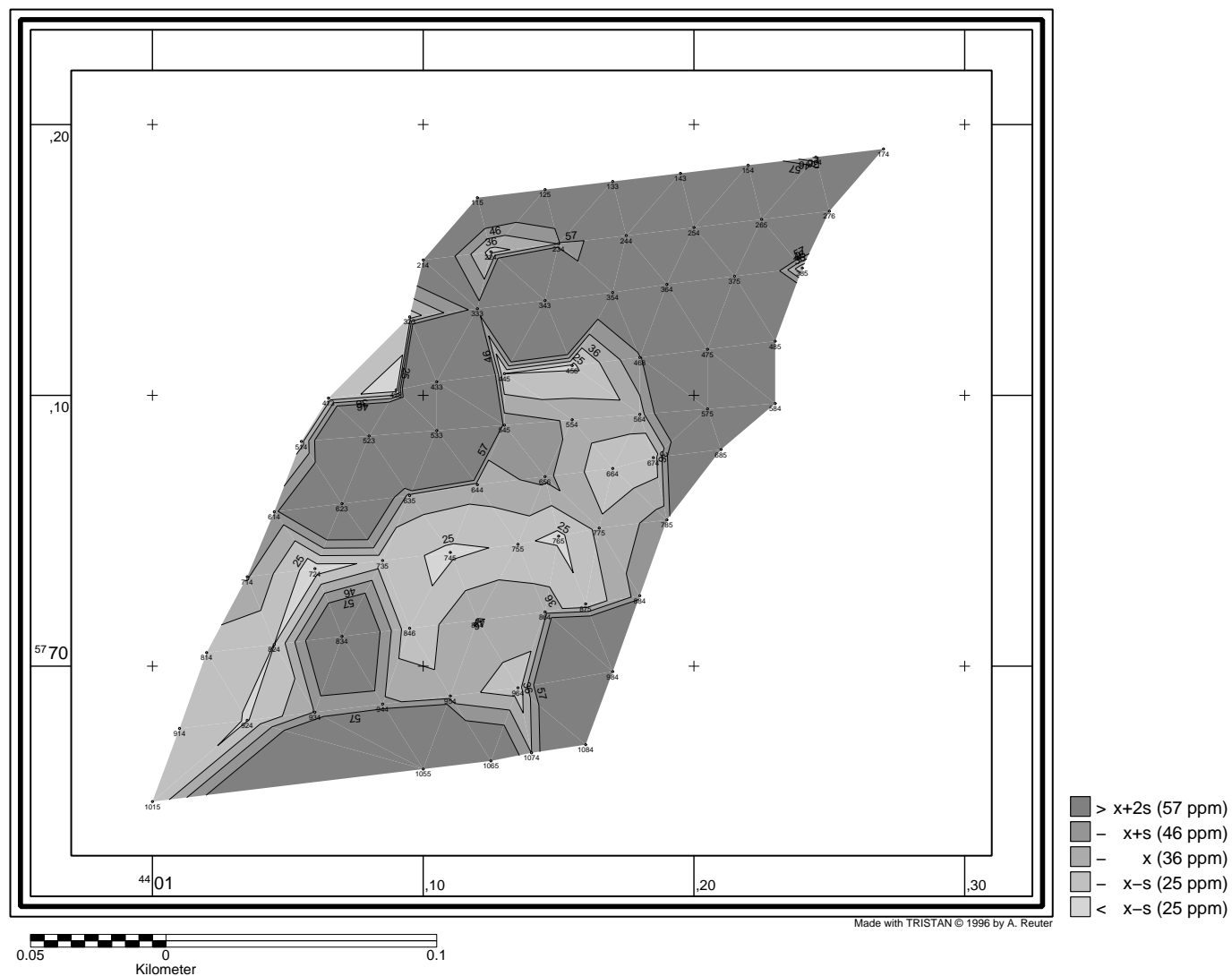
Tafel 20: Heiningen Acker: Cu-Verteilung im G₀-Horizont

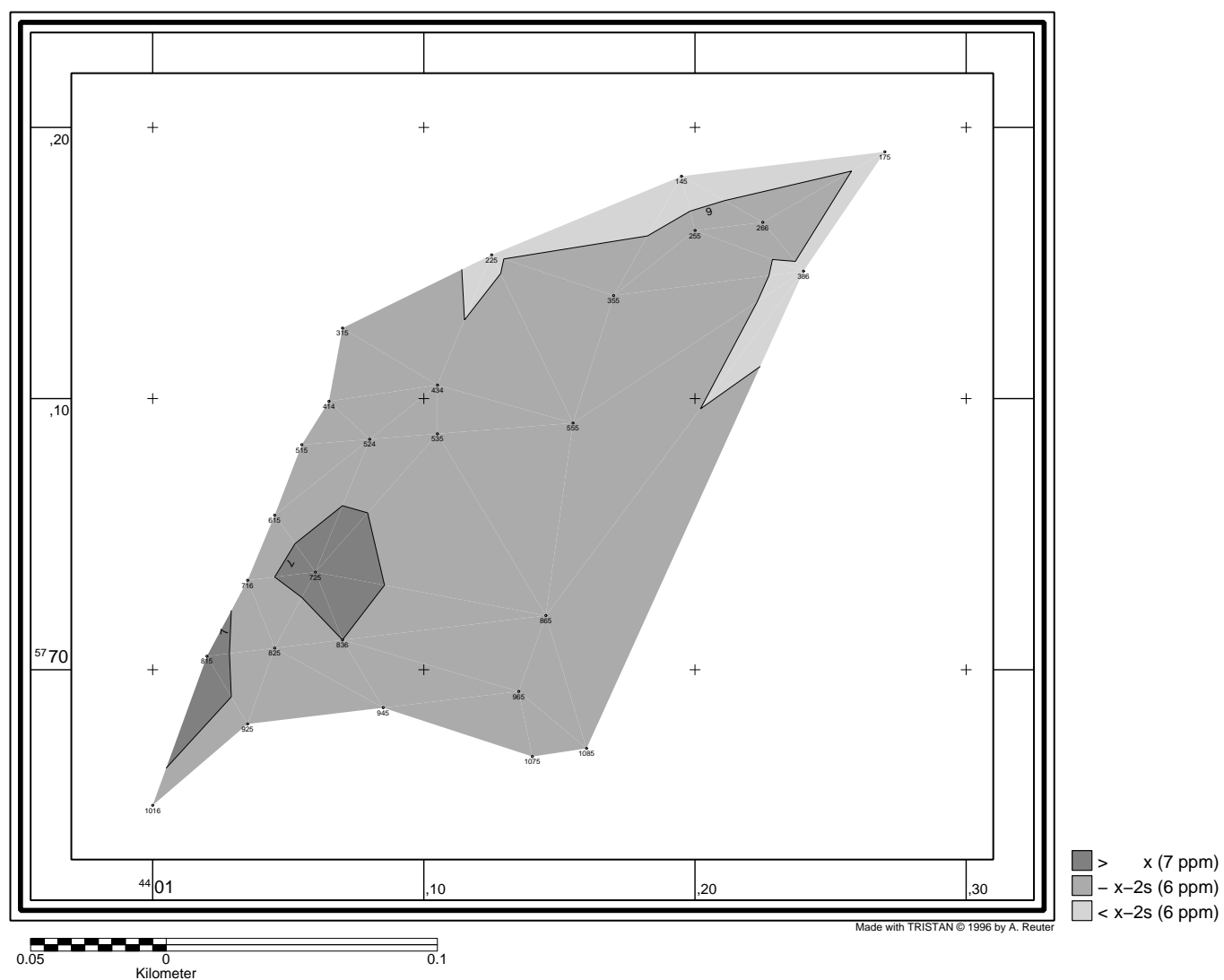
Tafel 21: Heiningen Acker: pH-Verteilung im G_{Or}-Horizont

Tafel 22: Heiningen Acker: Zn-Verteilung im G_{0r}-Horizont

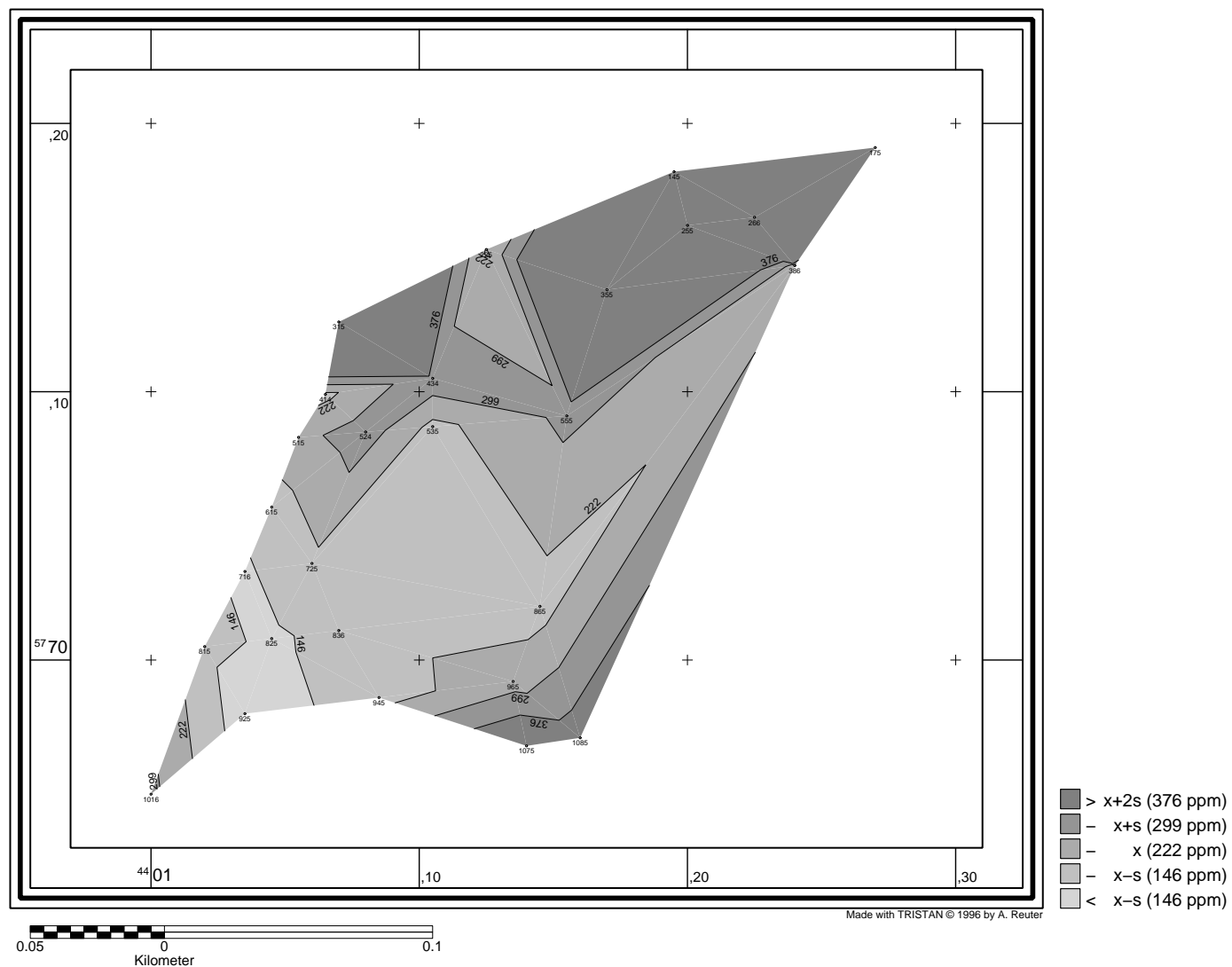
Tafel 23: Heiningen Acker: Pb-Verteilung im G_{0r}-Horizont

Tafel 24: Heiningen Acker: Cd-Verteilung im G_{0r}-Horizont

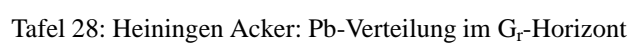
Tafel 25: Heiningen Acker: Cu-Verteilung im G_{Or}-Horizont

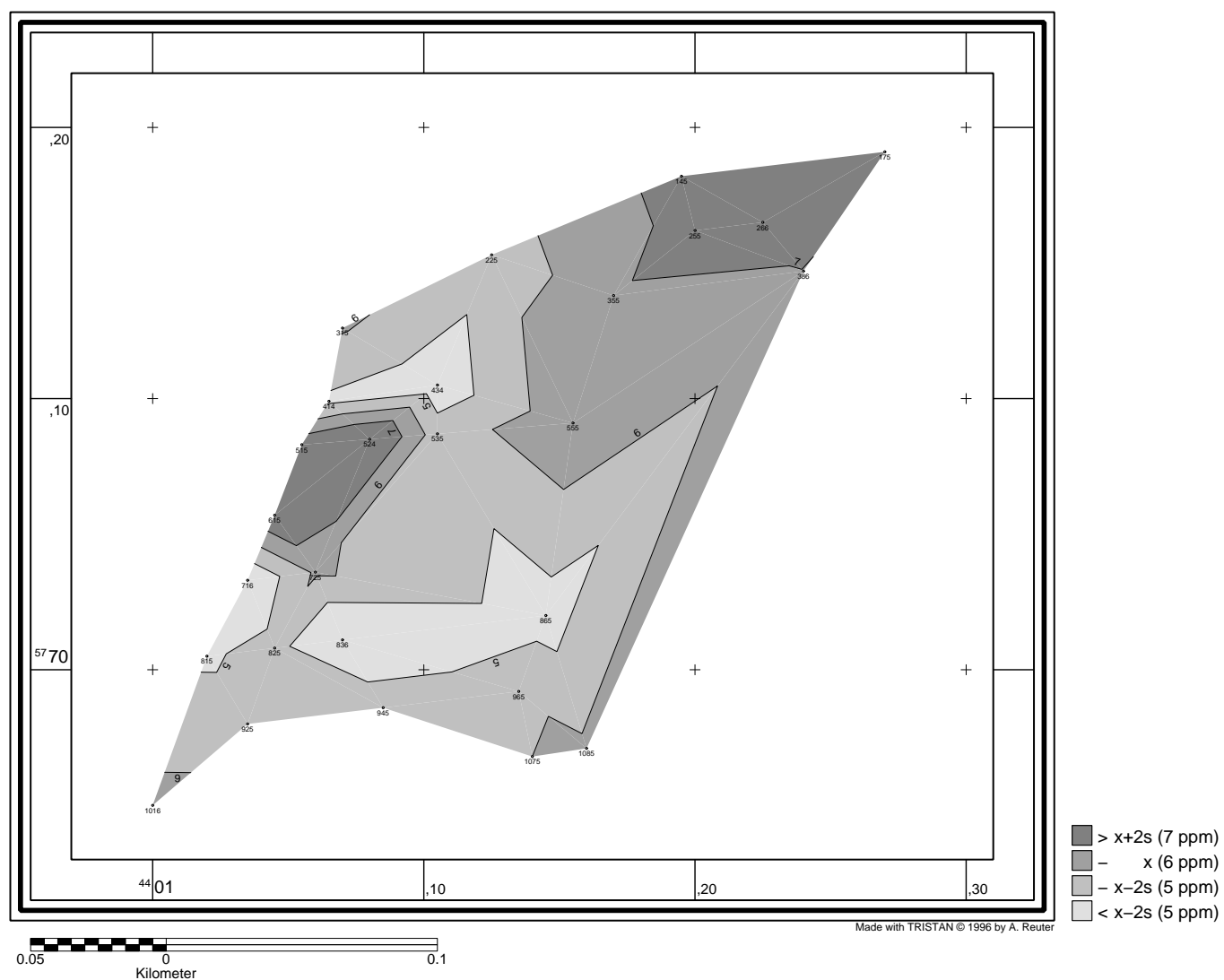


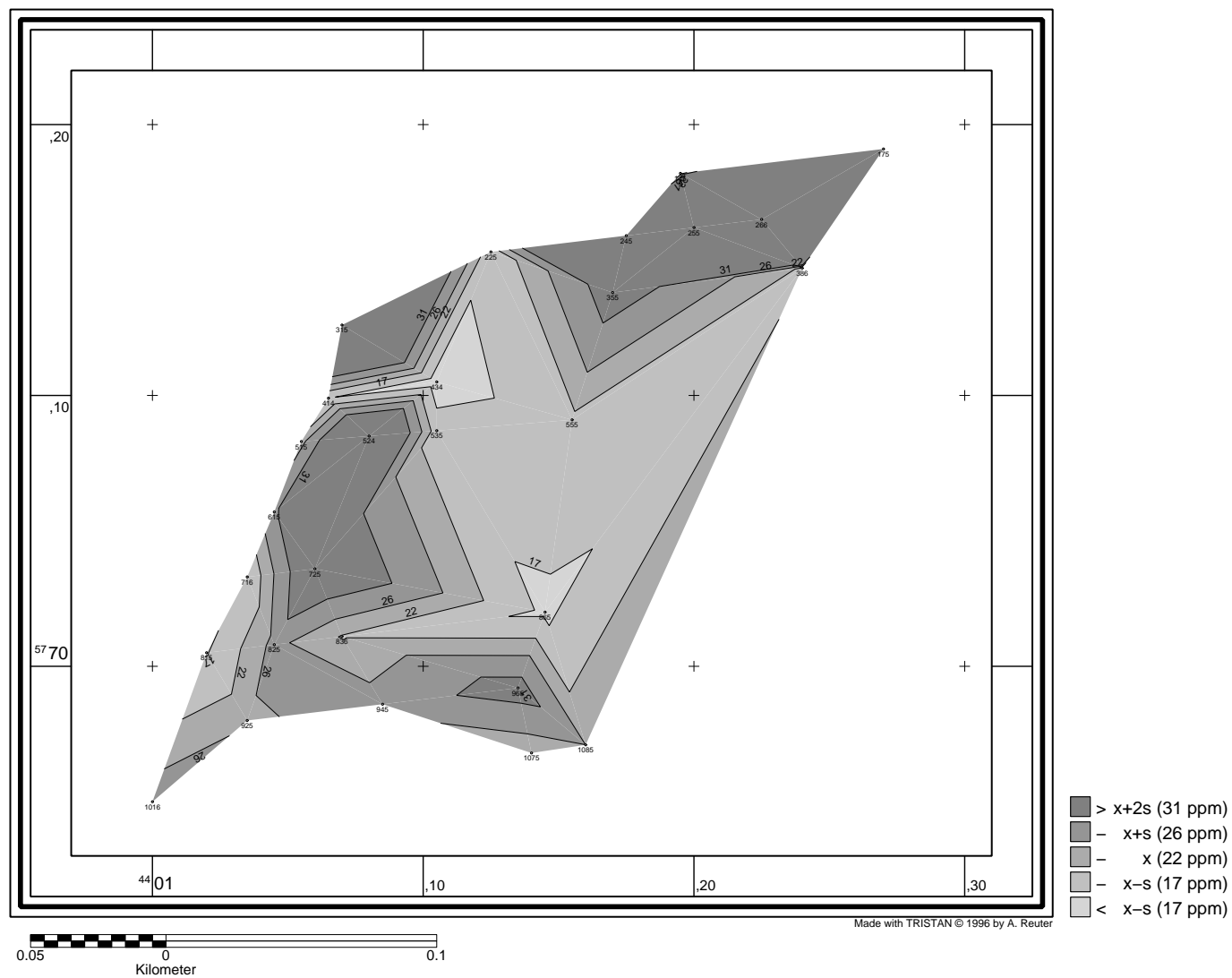
Tafel 26: Heiningen Acker: pH-Verteilung im Gr-Horizont



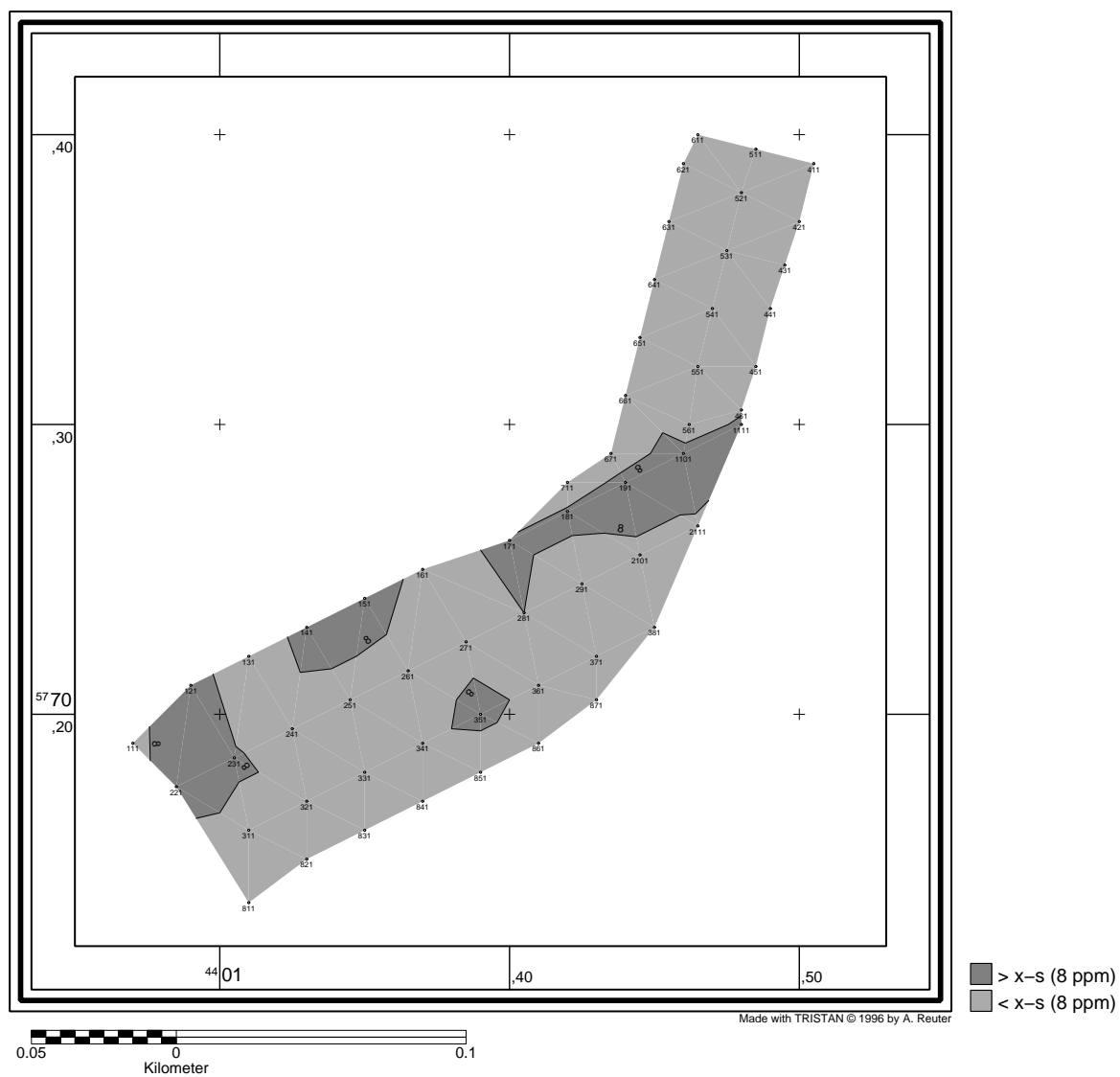
Tafel 27: Heiningen Acker: Zn-Verteilung im Gr-Horizont

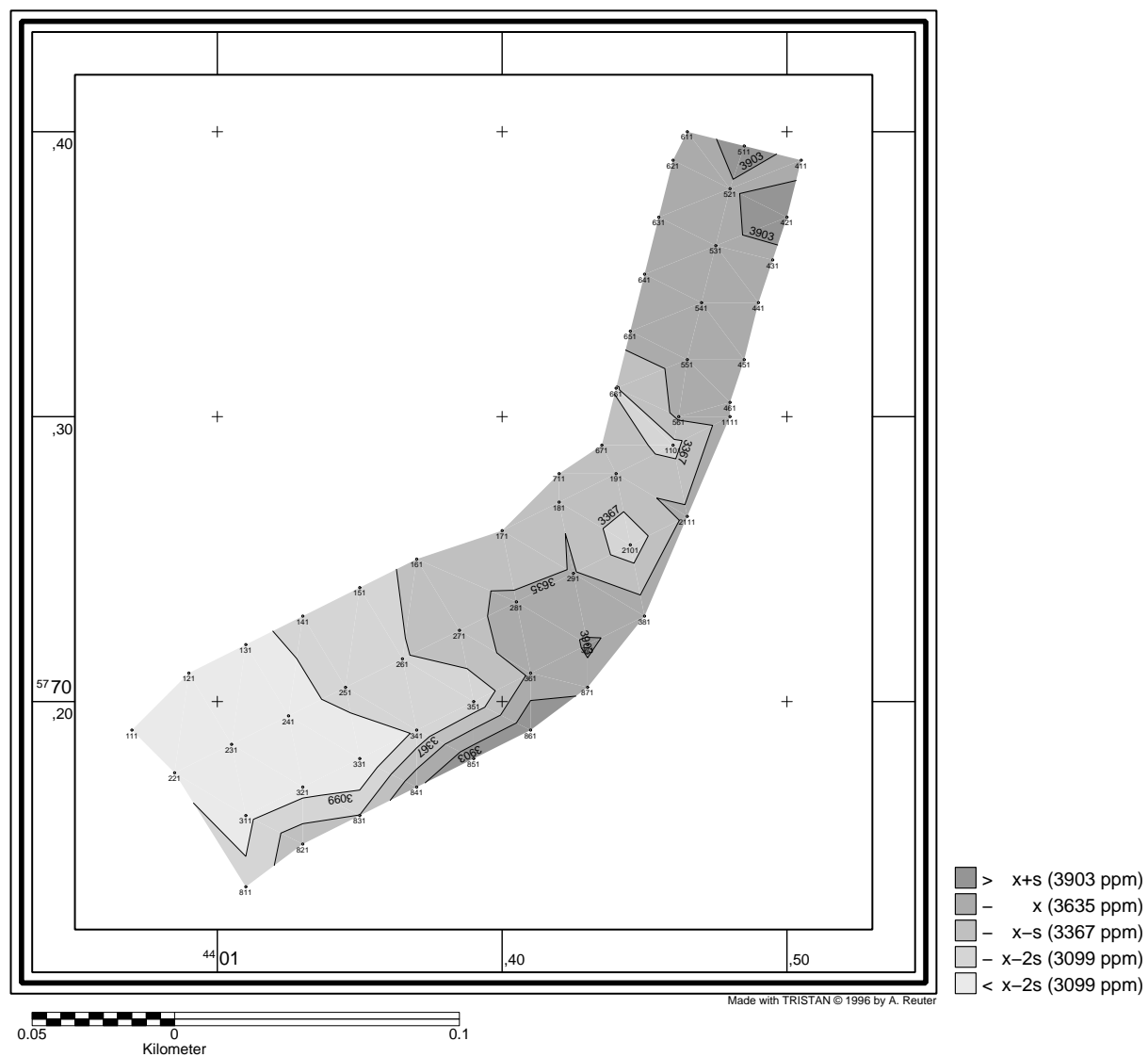


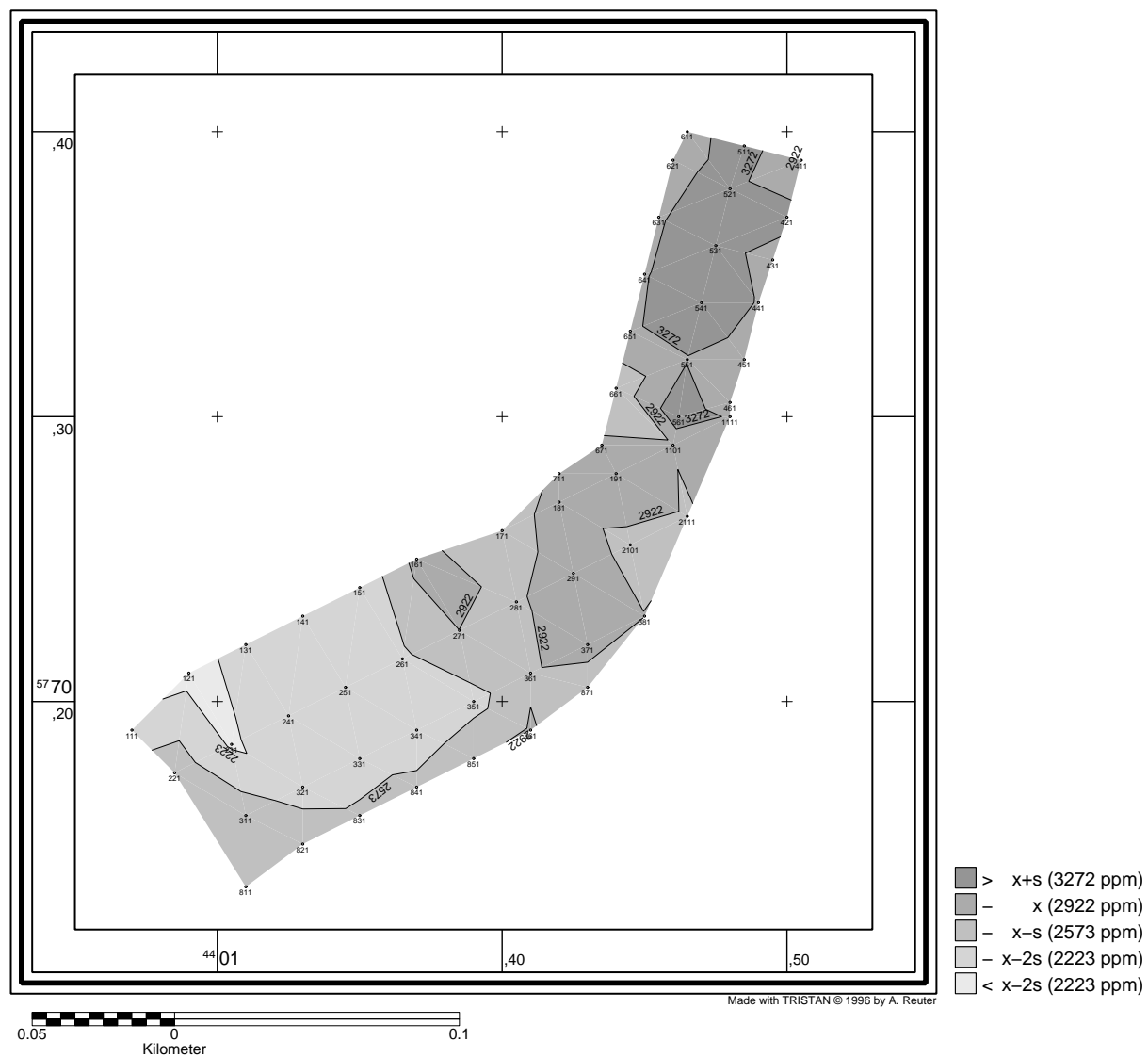
Tafel 29: Heiningen Acker: Cd-Verteilung im G_r -Horizont

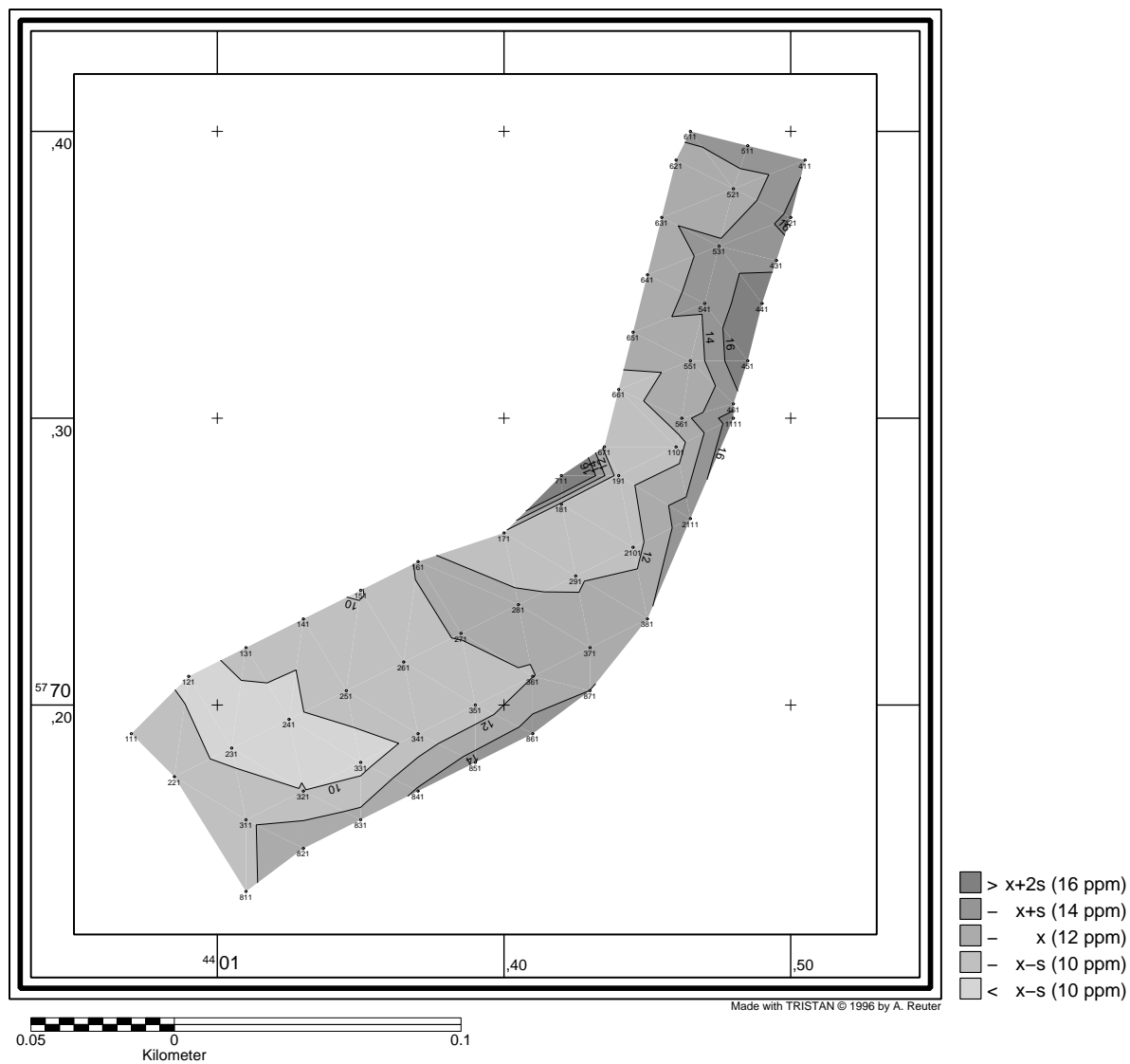


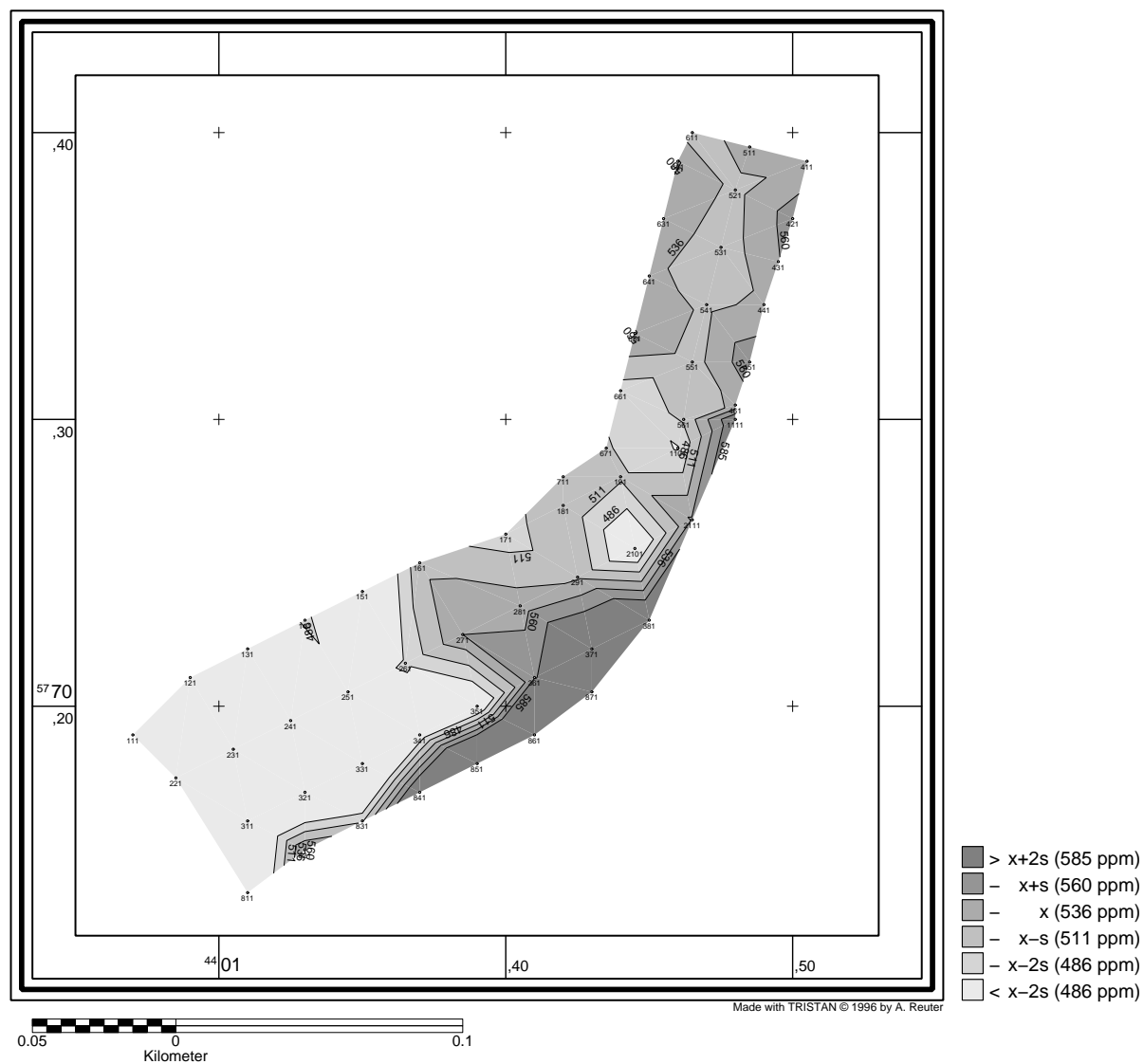
Tafel 30: Heiningen Acker: Cu-Verteilung im Gr-Horizont

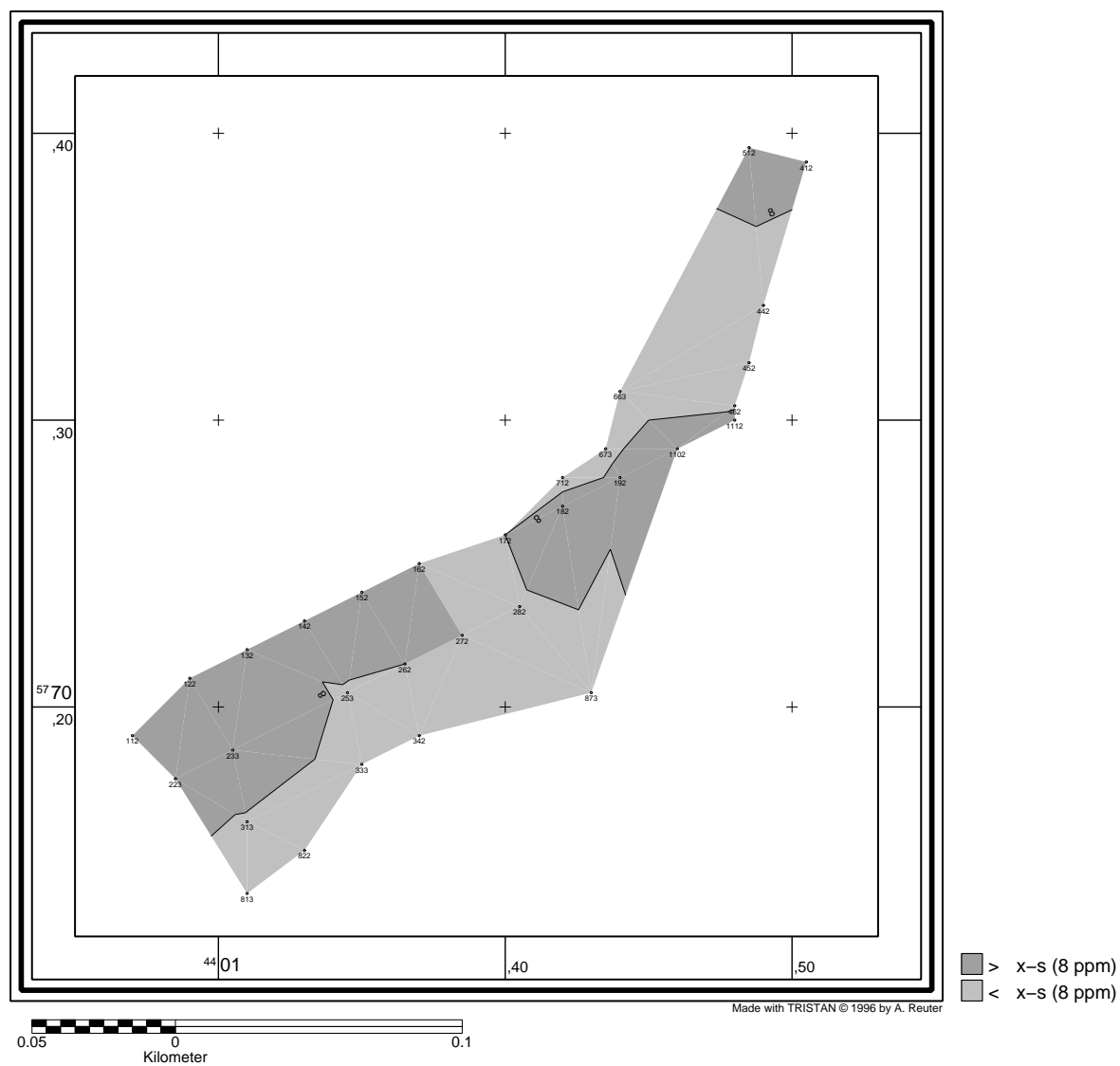
Tafel 31: Heiningen Grünland: pH-Verteilung im A_p-Horizont

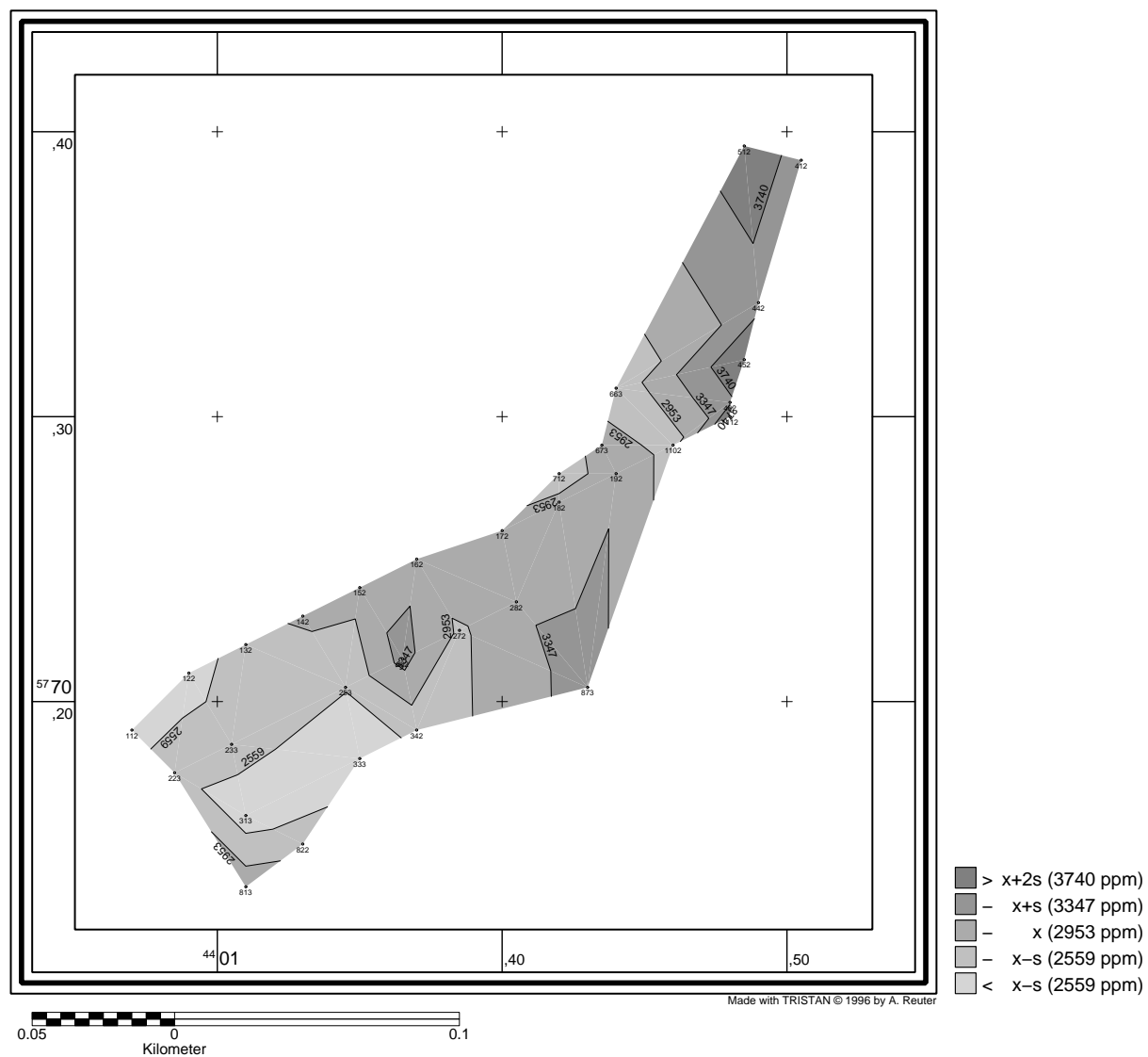
Tafel 32: Heiningen Grünland: Zn-Verteilung im A_p-Horizont

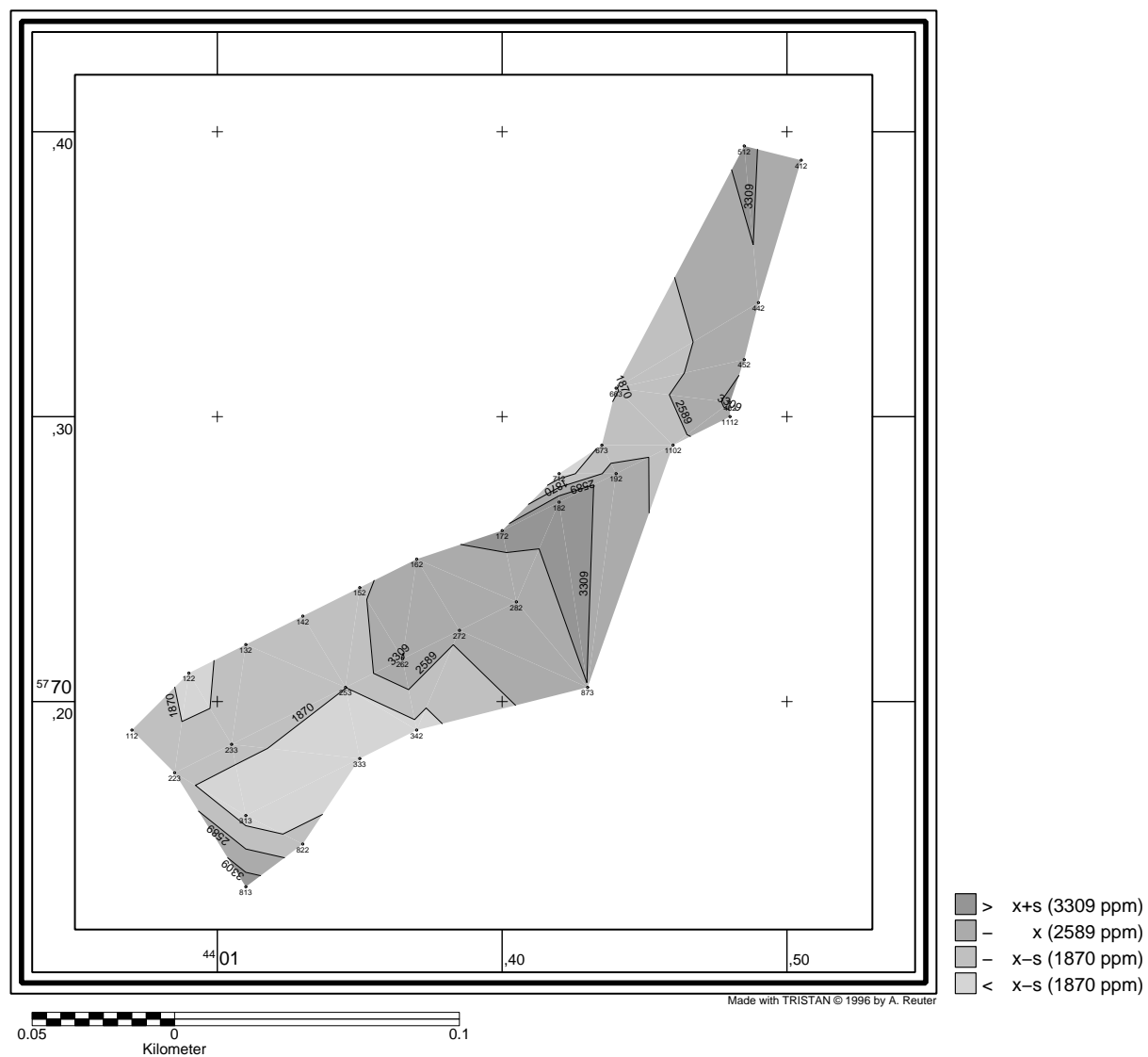
Tafel 33: Heiningen Grünland: Pb-Verteilung im A_p-Horizont

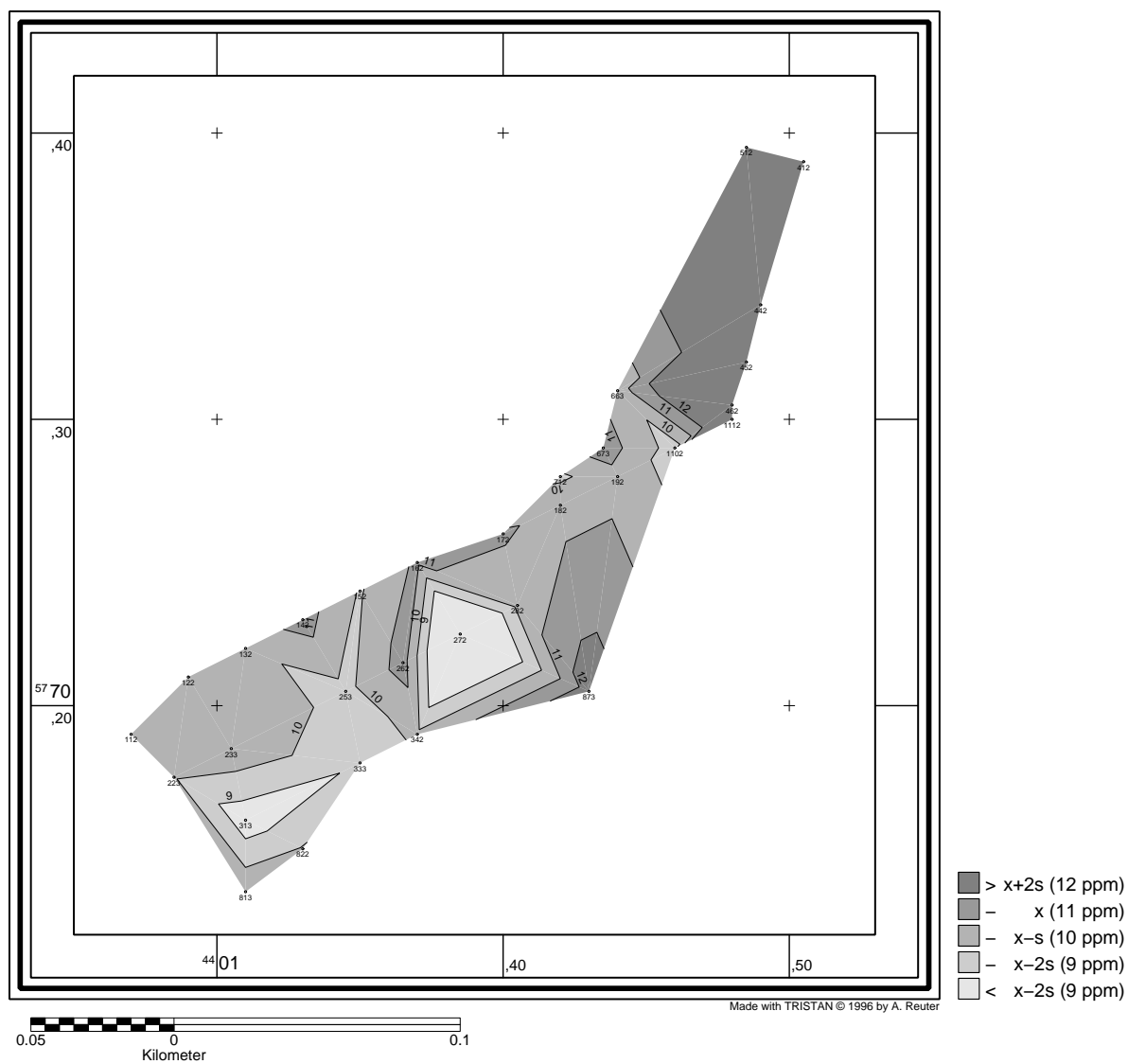
Tafel 34: Heiningen Grünland: Cd-Verteilung im A_p-Horizont

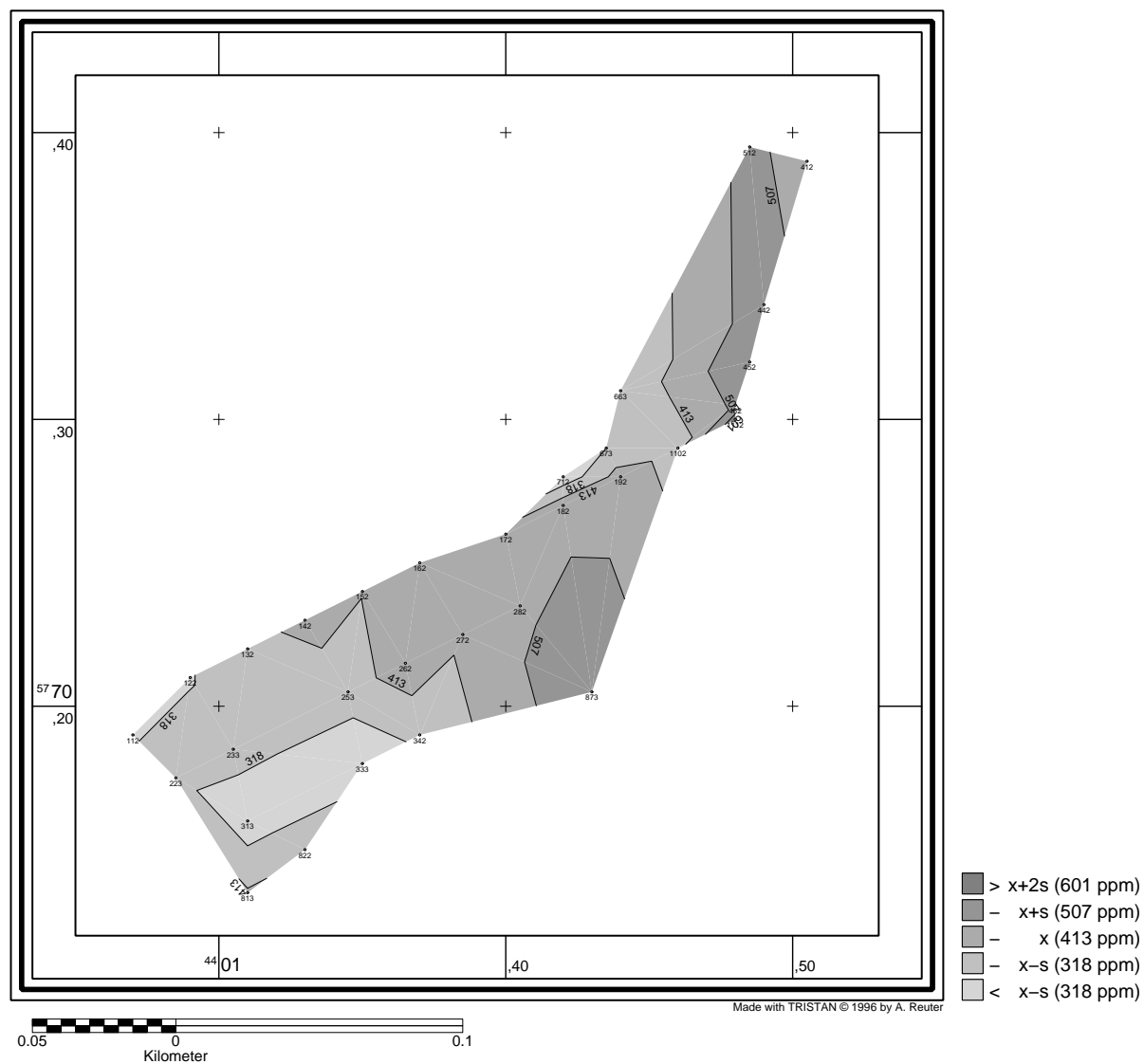
Tafel 35: Heiningen Grünland: Cu-Verteilung im A_p-Horizont

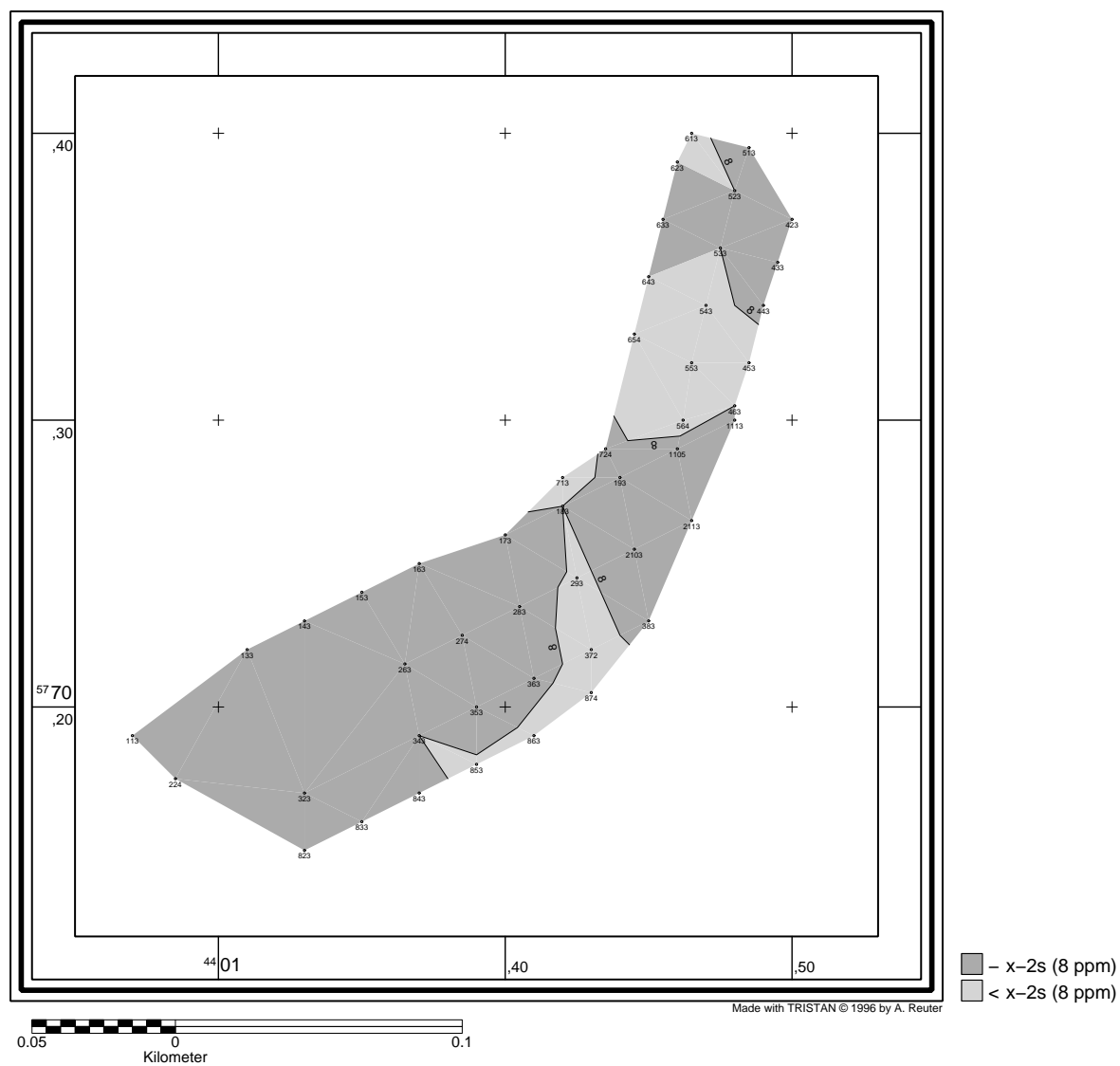
Tafel 36: Heiningen Grünland: pH-Verteilung im G₀-Horizont

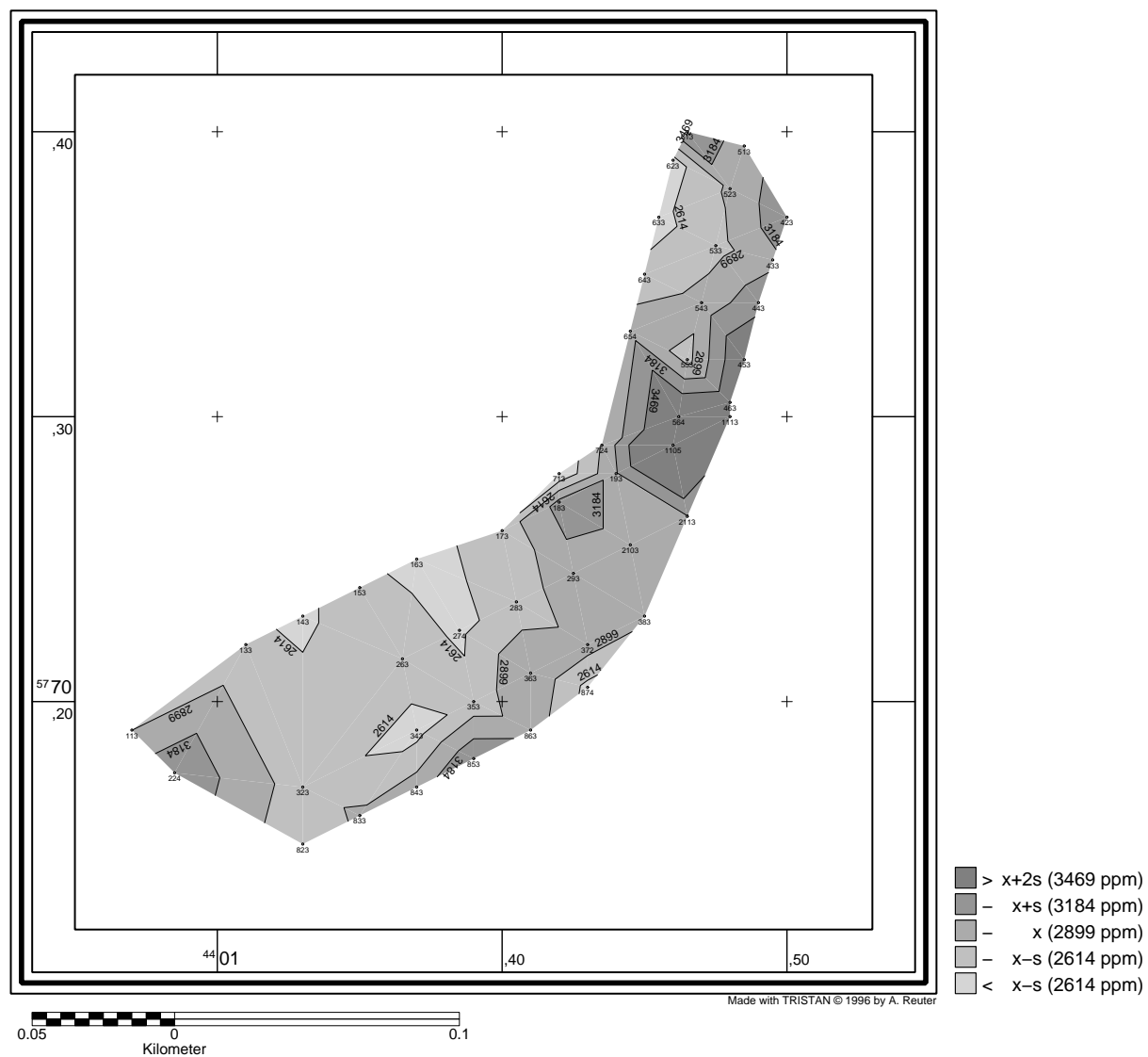
Tafel 37: Heiningen Grünland: Zn-Verteilung im G₀-Horizont

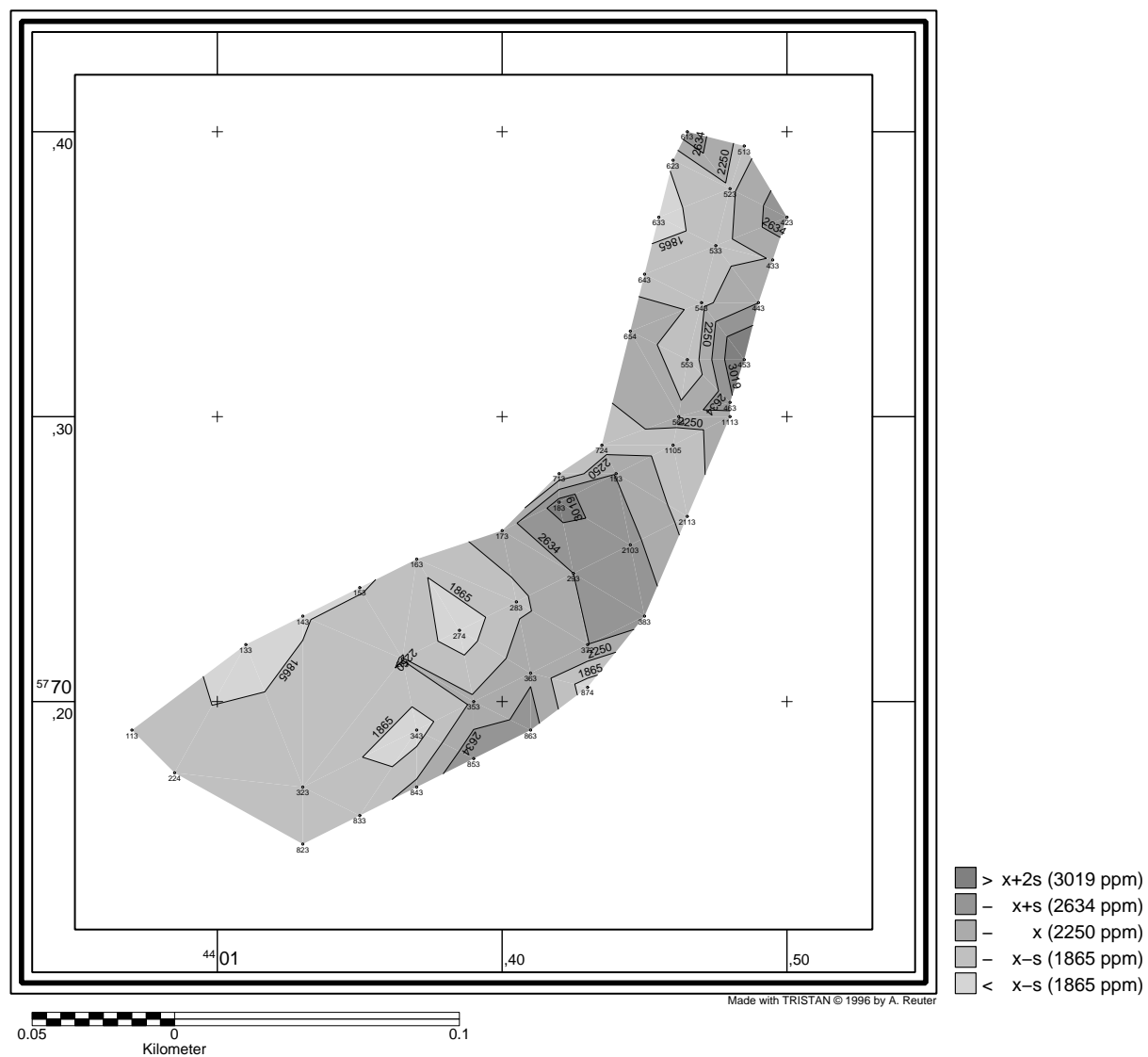
Tafel 38: Heiningen Grünland: Pb-Verteilung im G₀-Horizont

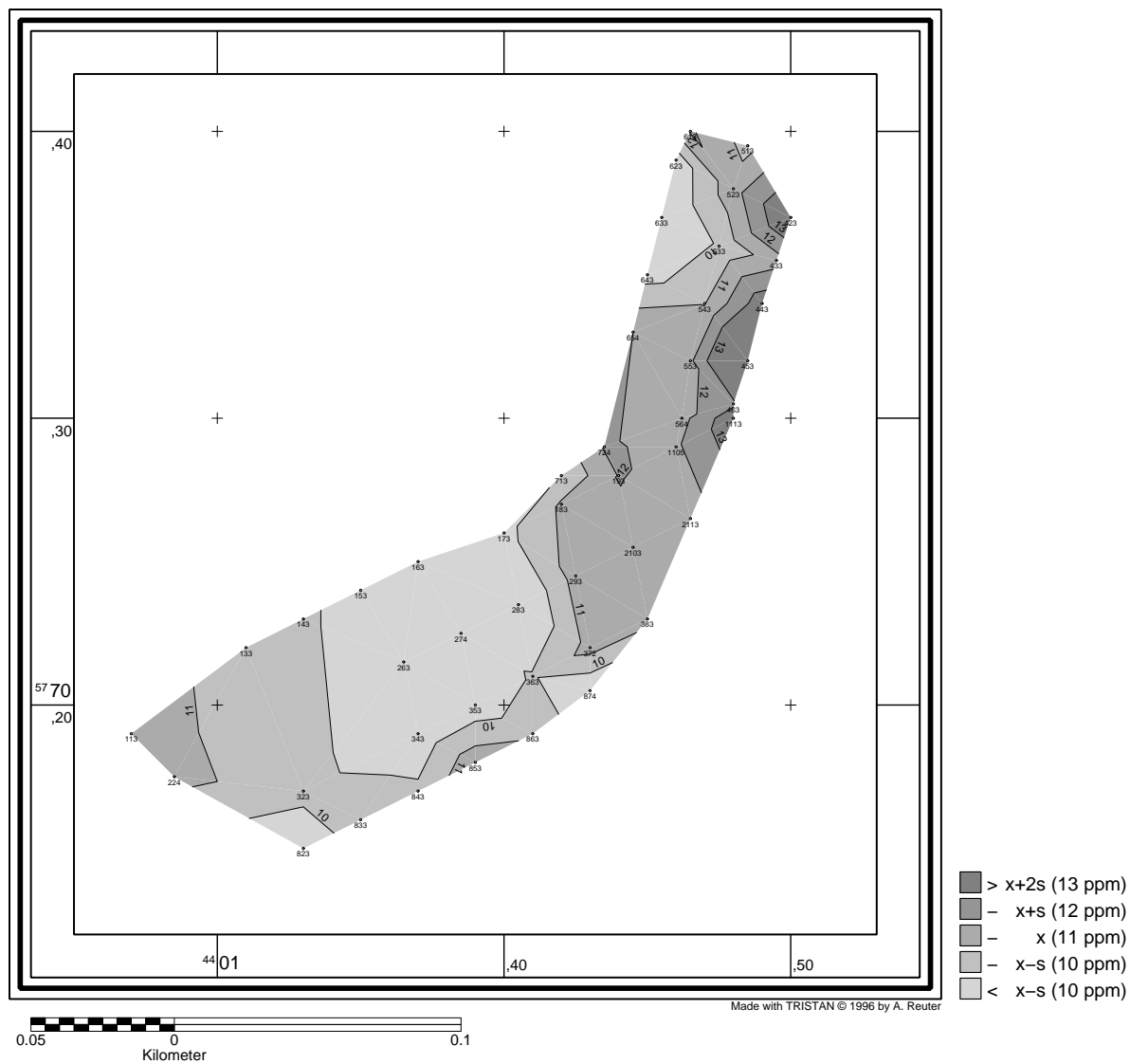
Tafel 39: Heiningen Grünland: Cd-Verteilung im G₀-Horizont

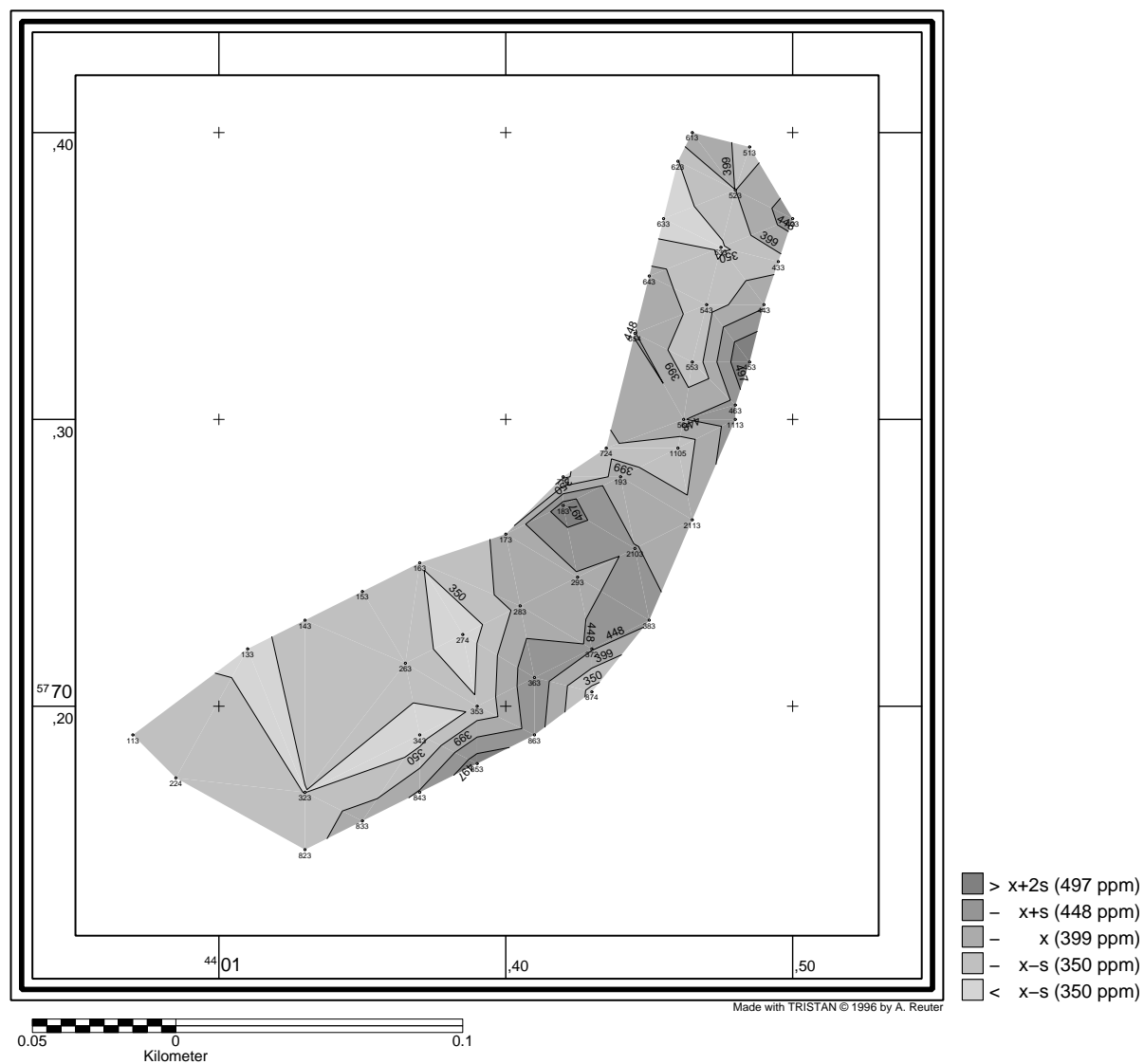
Tafel 40: Heiningen Grünland: Cu-Verteilung im G₀-Horizont

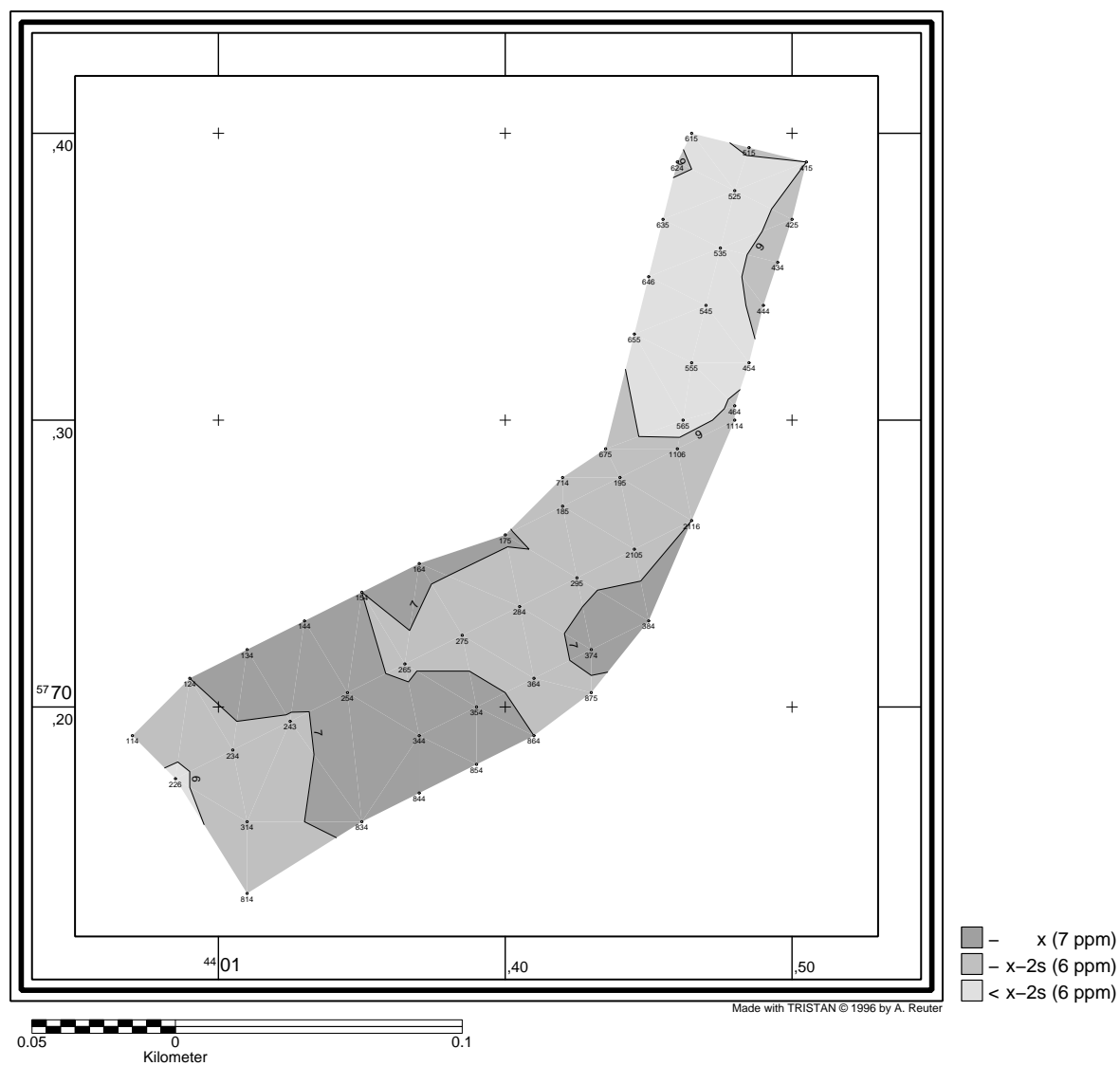
Tafel 41: Heiningen Grünland: pH-Verteilung im G₁₀-Horizont

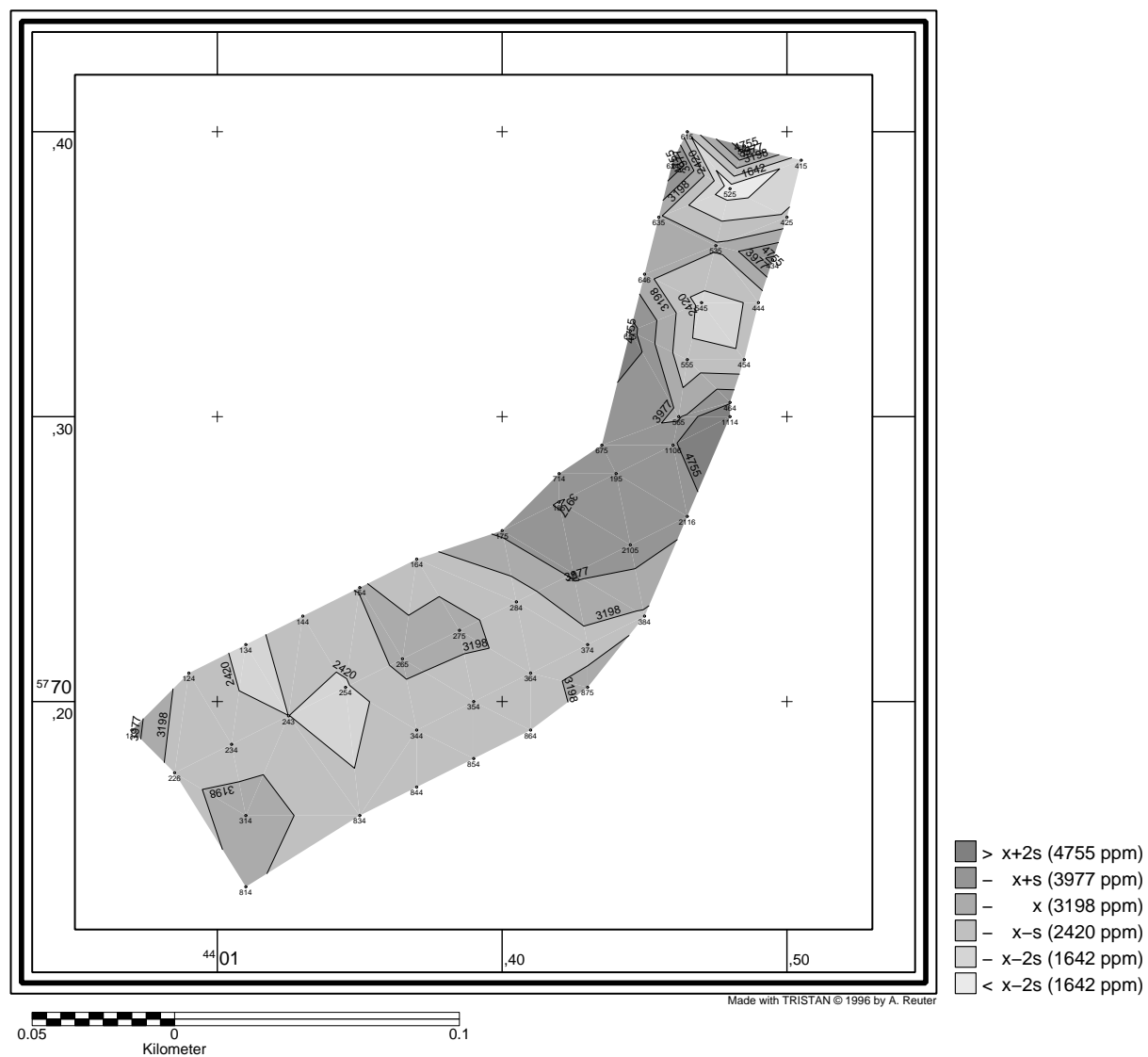
Tafel 42: Heiningen Grünland: Zn-Verteilung im G₀-Horizont

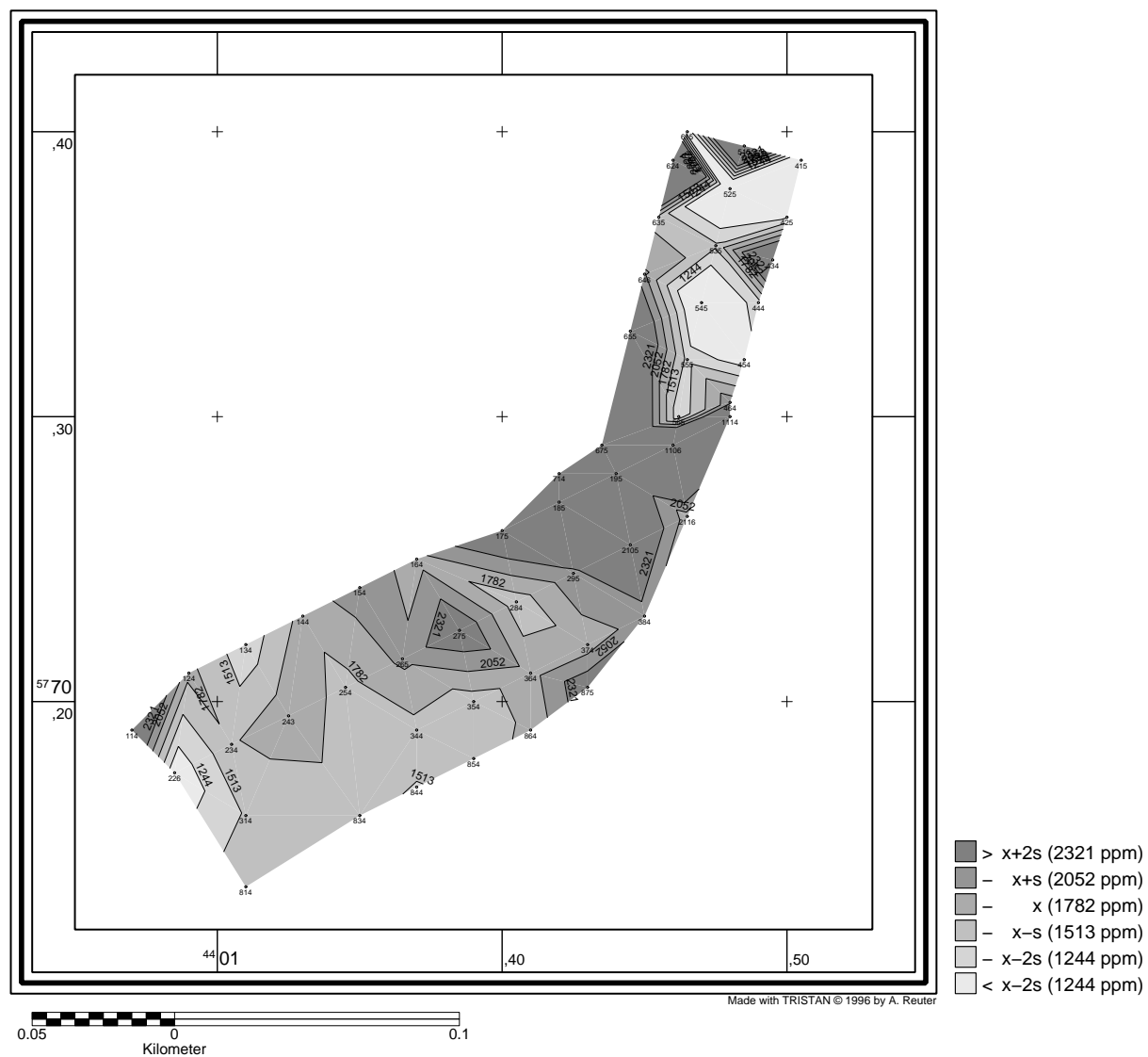
Tafel 43: Heiningen Grünland: Pb-Verteilung im G₀-Horizont

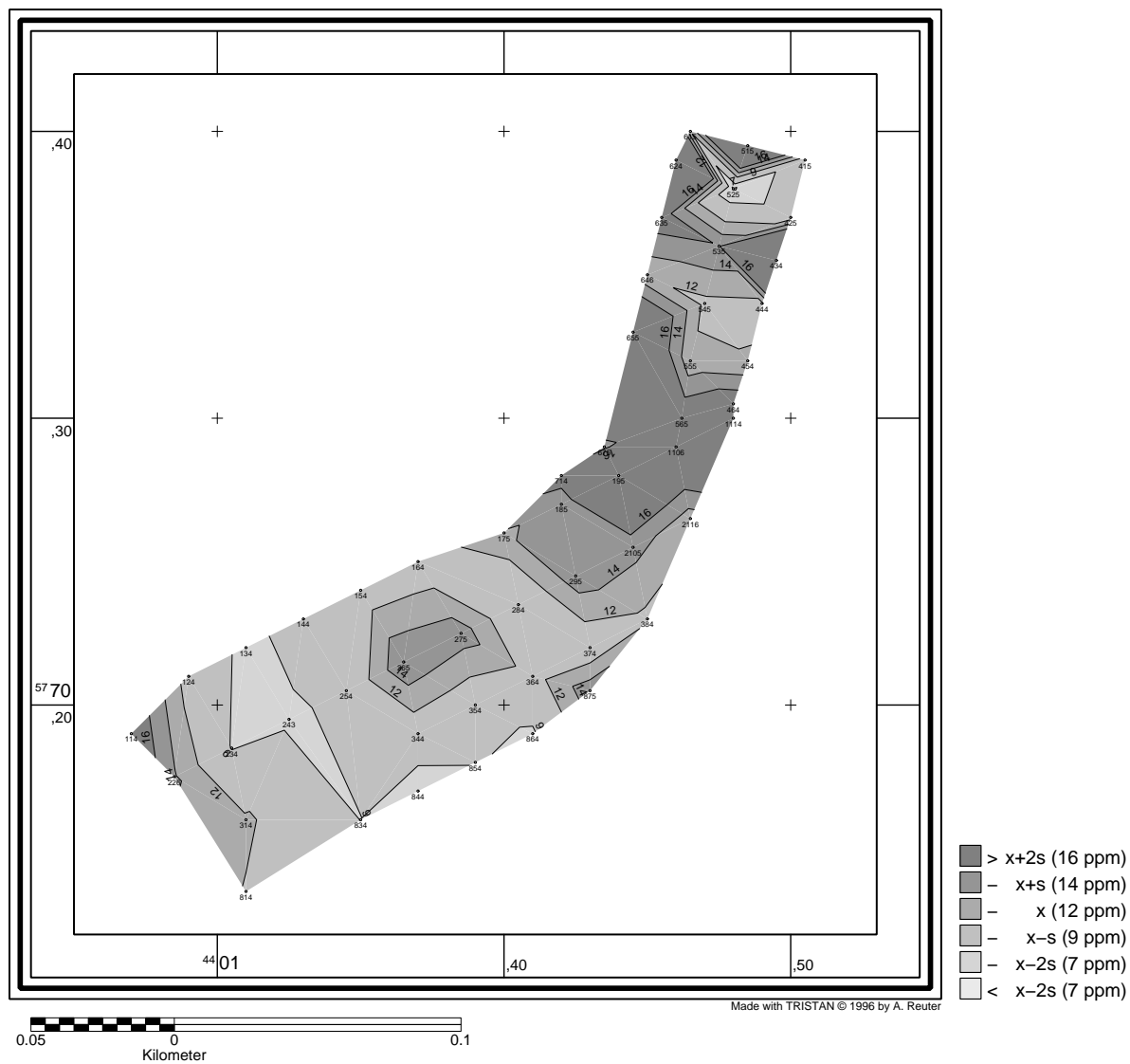
Tafel 44: Heiningen Grünland: Cd-Verteilung im G₁₀-Horizont

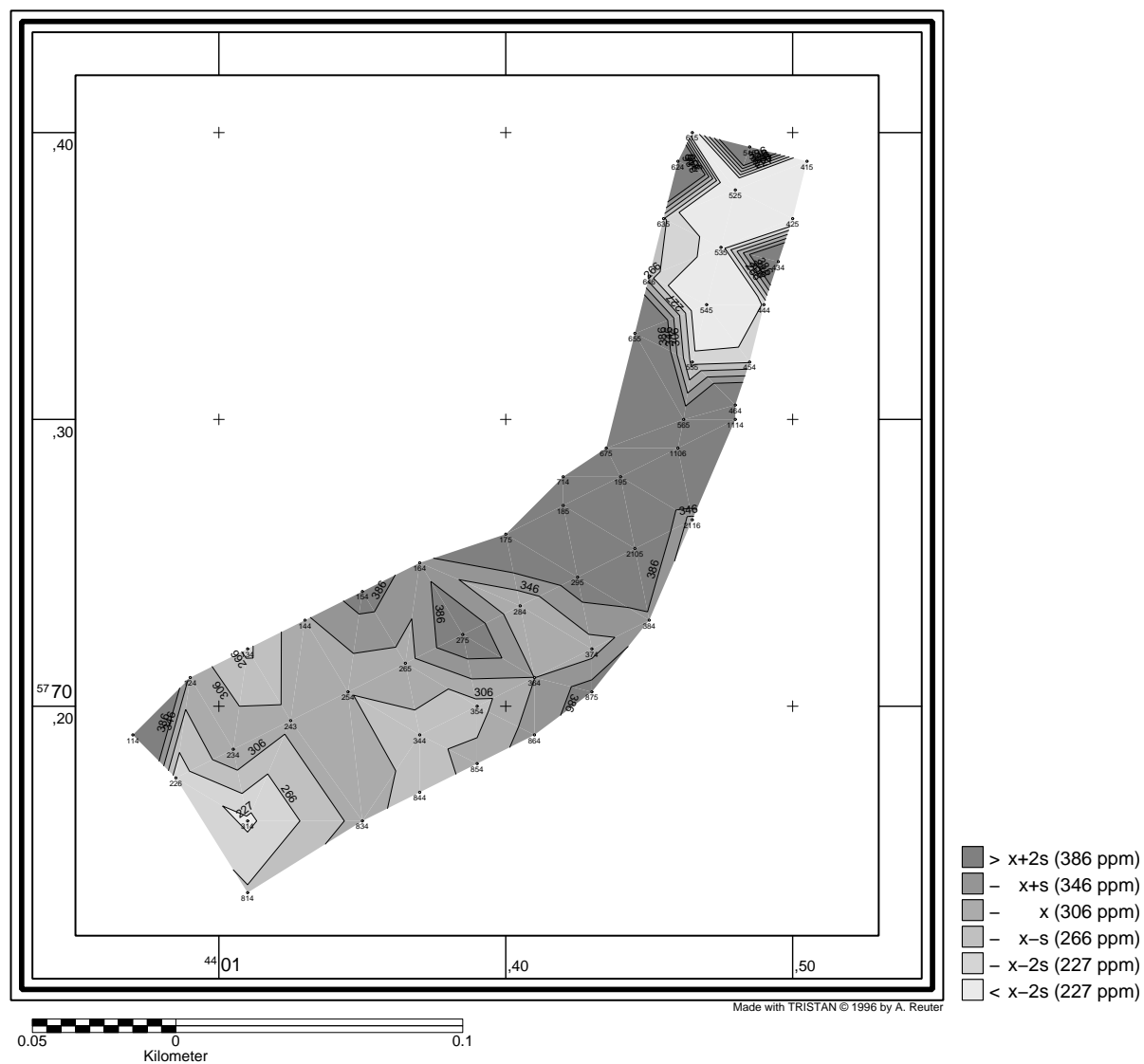
Tafel 45: Heiningen Grünland: Cu-Verteilung im G₁₀-Horizont

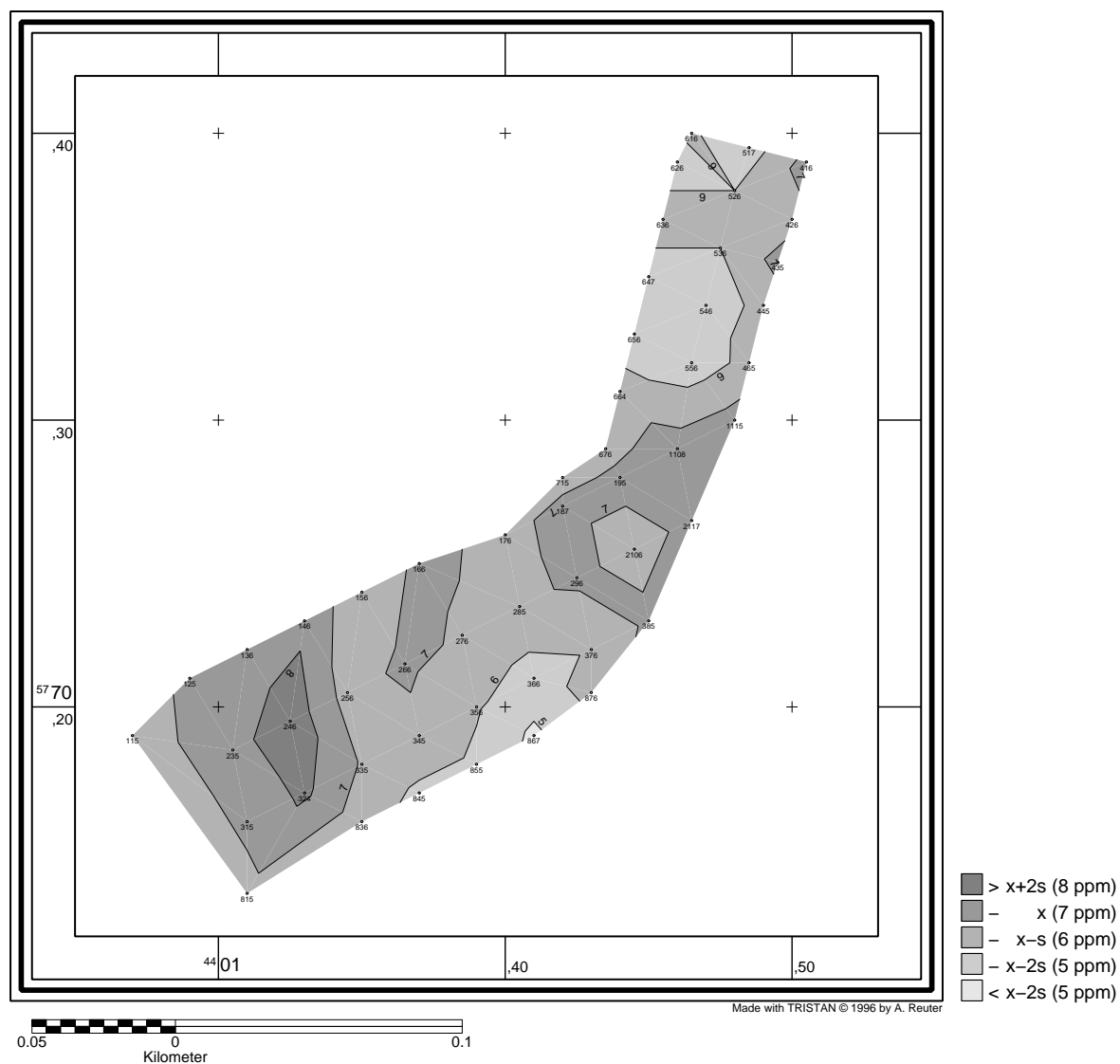
Tafel 46: Heiningen Grünland: pH-Verteilung im G_{0r}-Horizont

Tafel 47: Heiningen Grünland: Zn-Verteilung im G_{Or}-Horizont

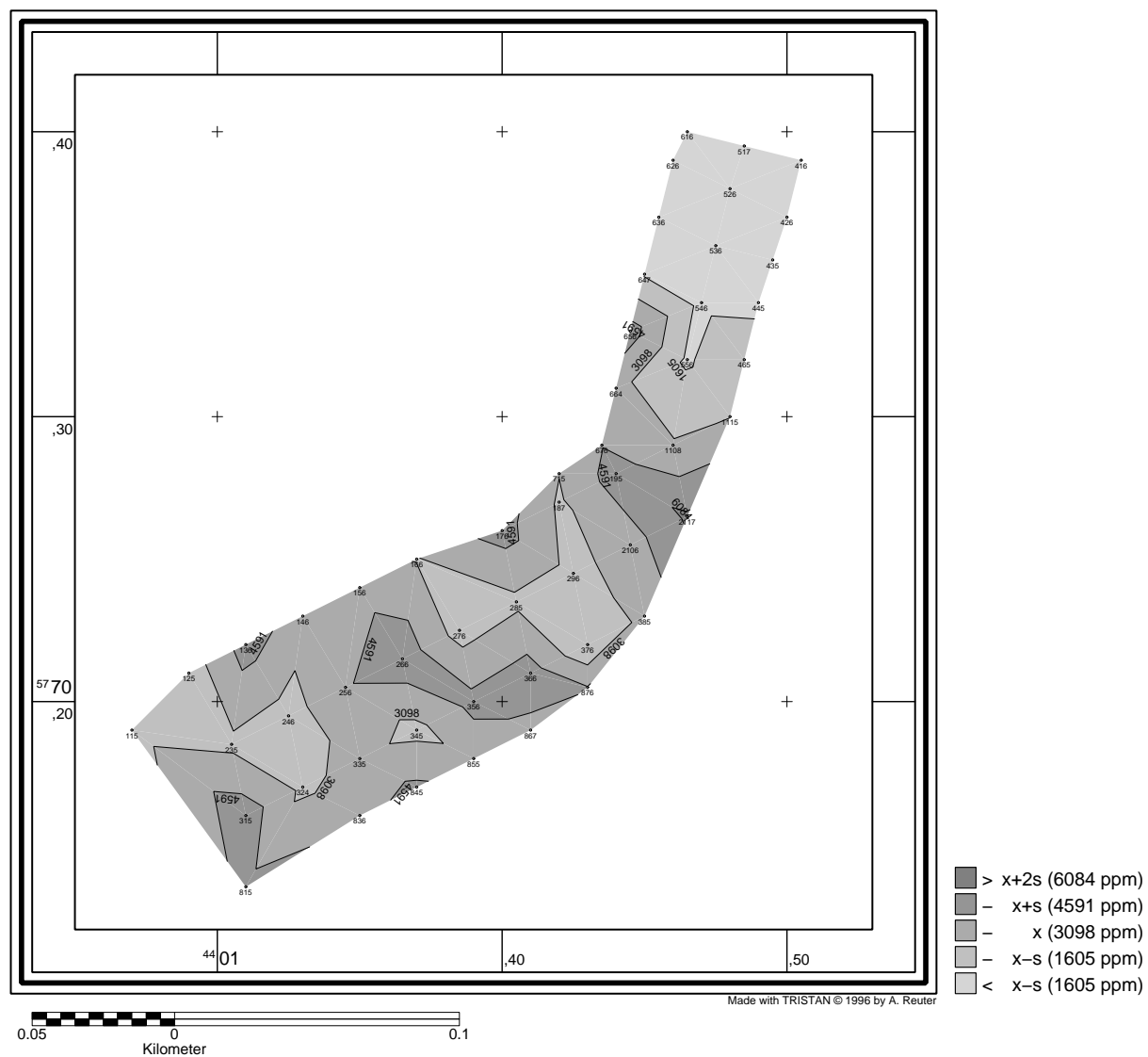
Tafel 48: Heiningen Grünland: Pb-Verteilung im G_{0r}-Horizont

Tafel 49: Heiningen Grünland: Cd-Verteilung im G_{0r}-Horizont

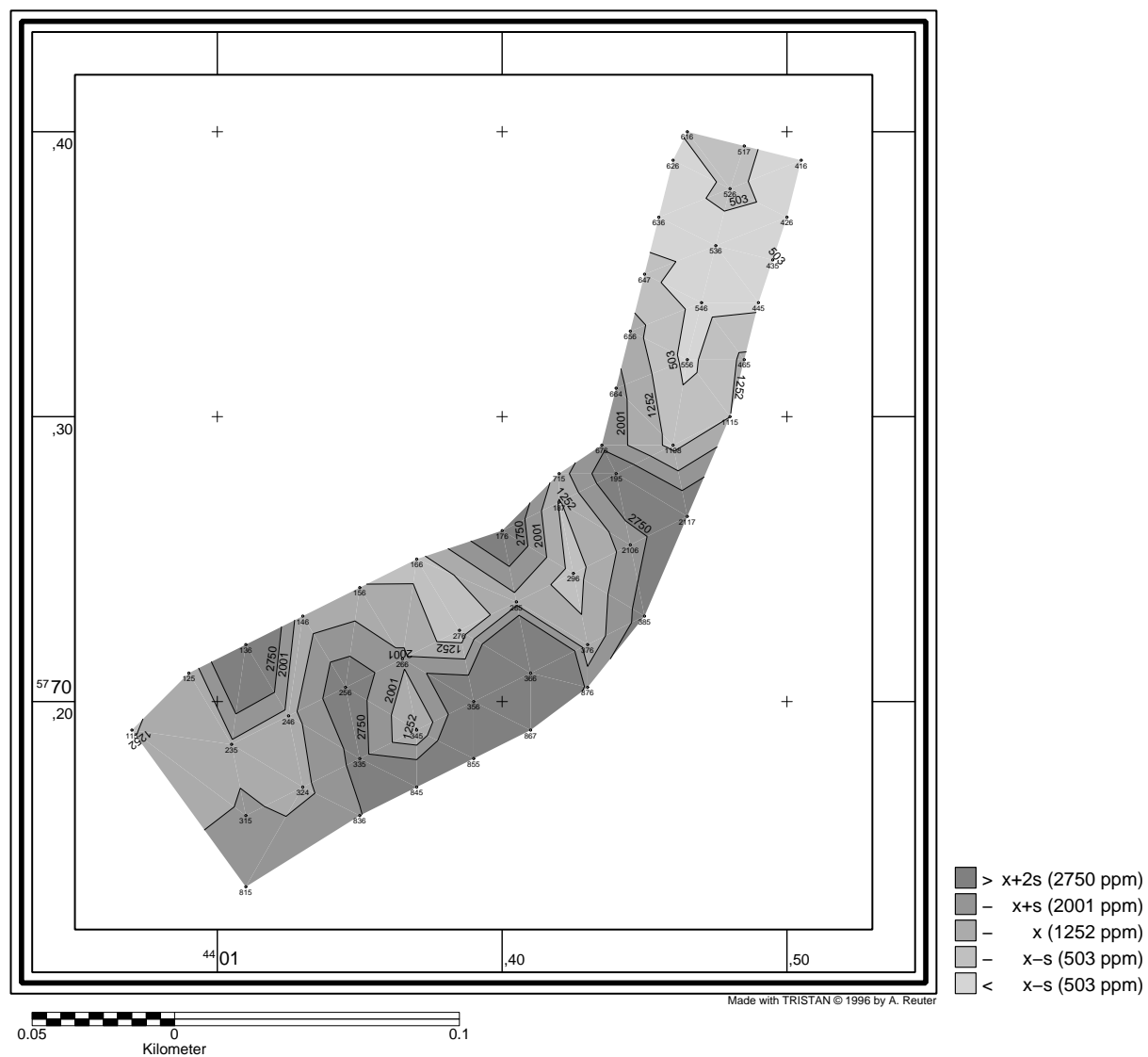
Tafel 50: Heiningen Grünland: Cu-Verteilung im G_{0r}-Horizont



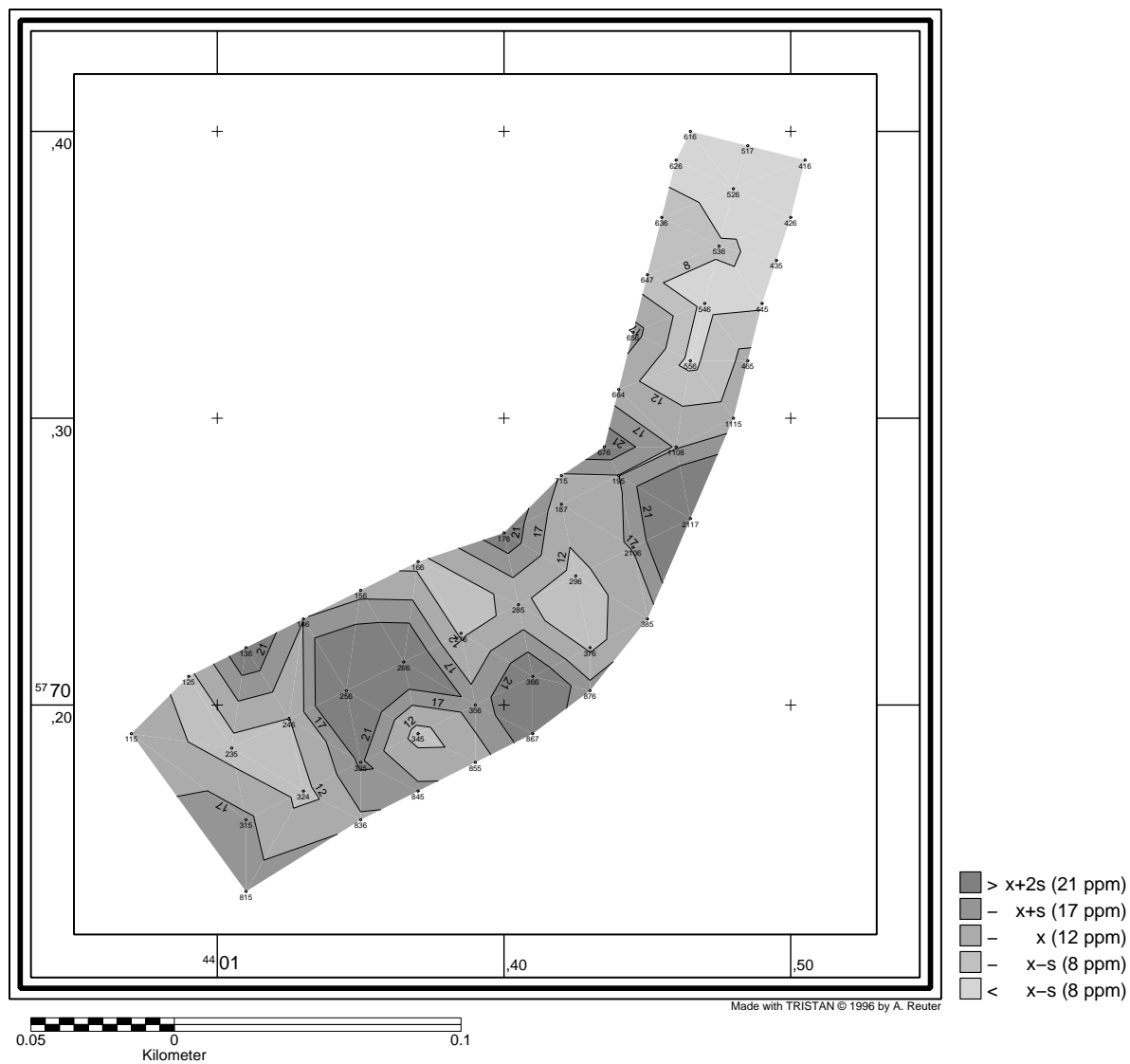
Tafel 51: Heiningen Grünland: pH-Verteilung im Gr-Horizont



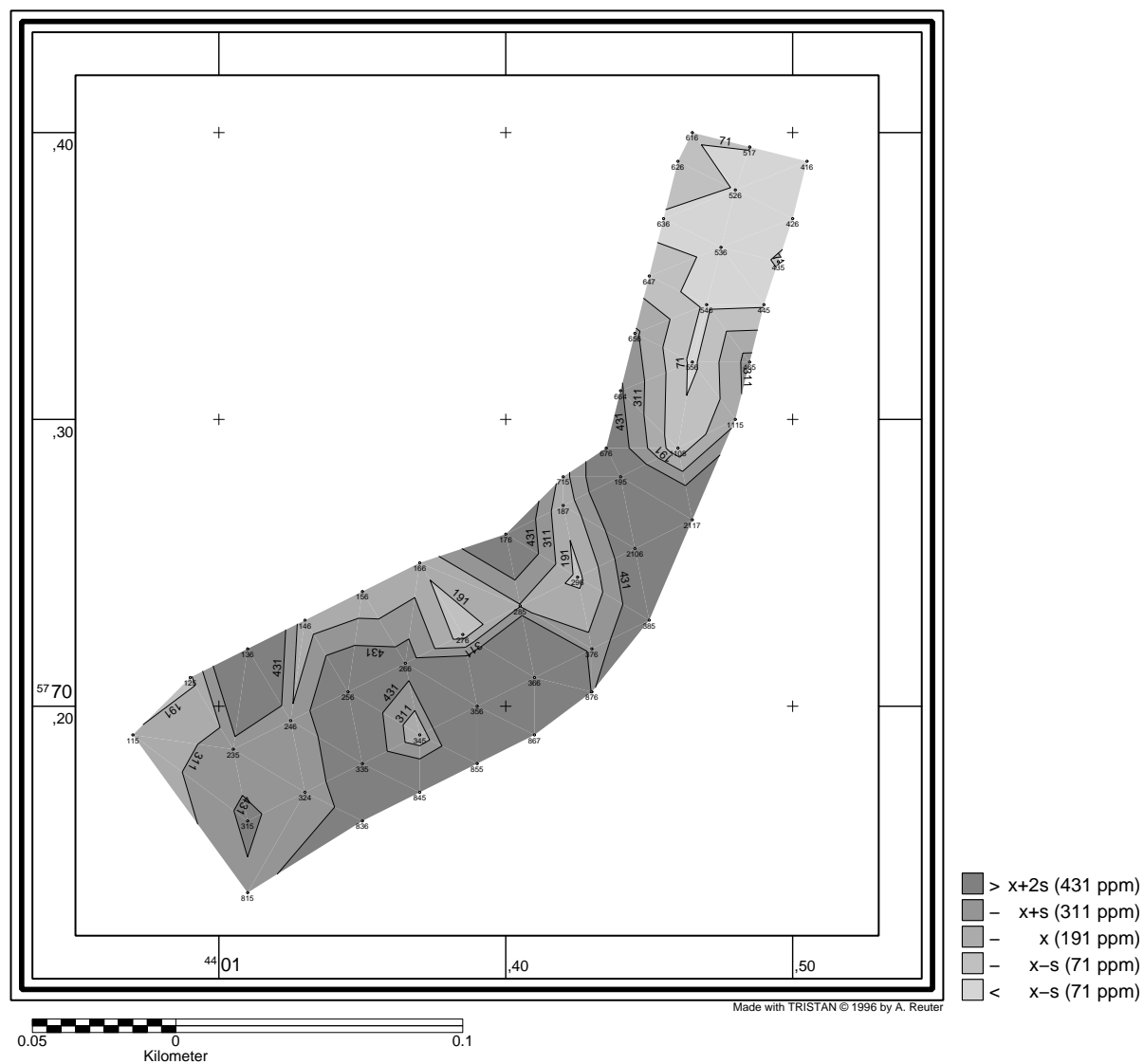
Tafel 52: Heiningen Grünland: Zn-Verteilung im Gr-Horizont



Tafel 53: Heiningen Grünland: Pb-Verteilung im Gr-Horizont



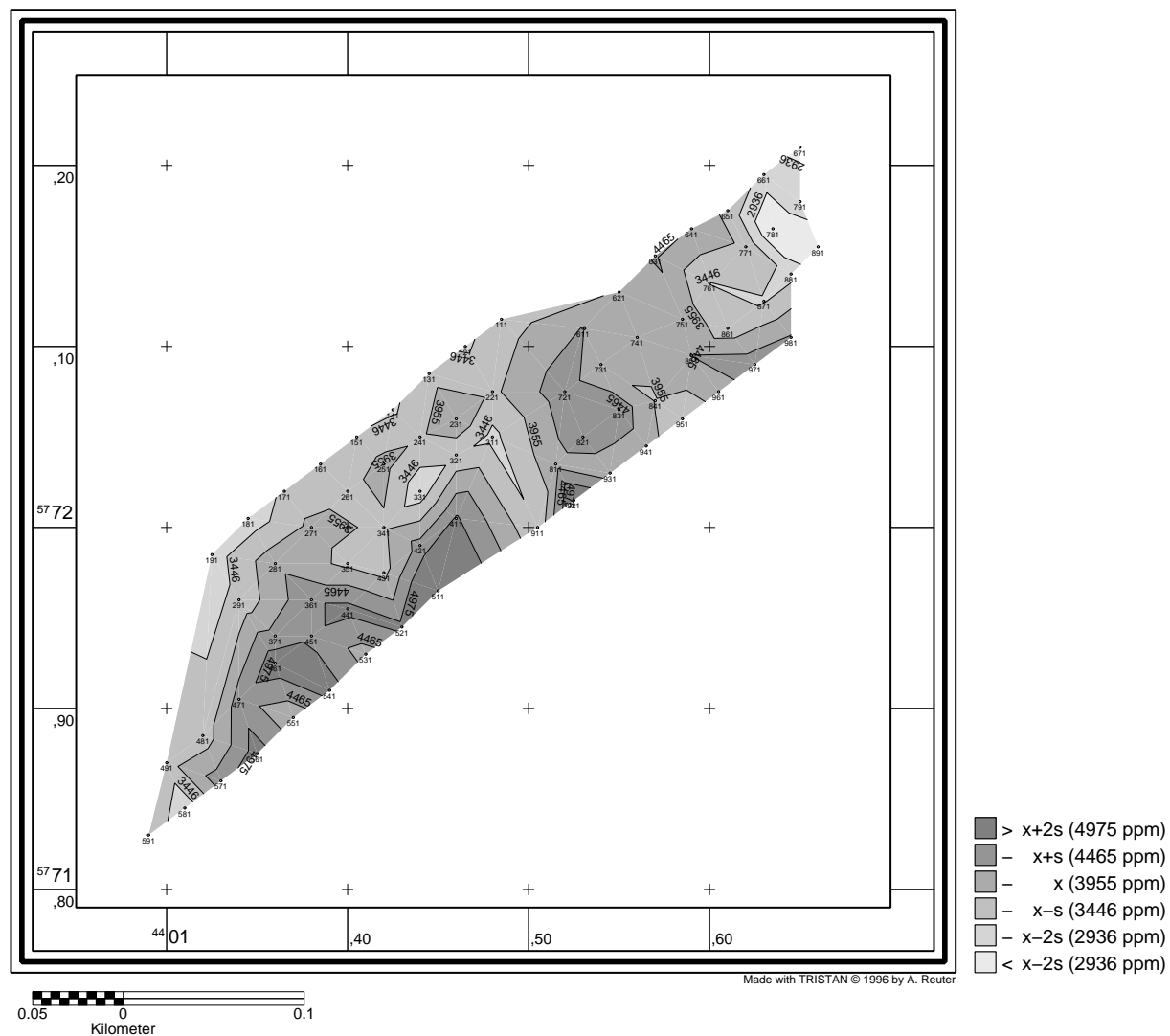
Tafel 54: Heiningen Grünland: Cd-Verteilung im Gr-Horizont

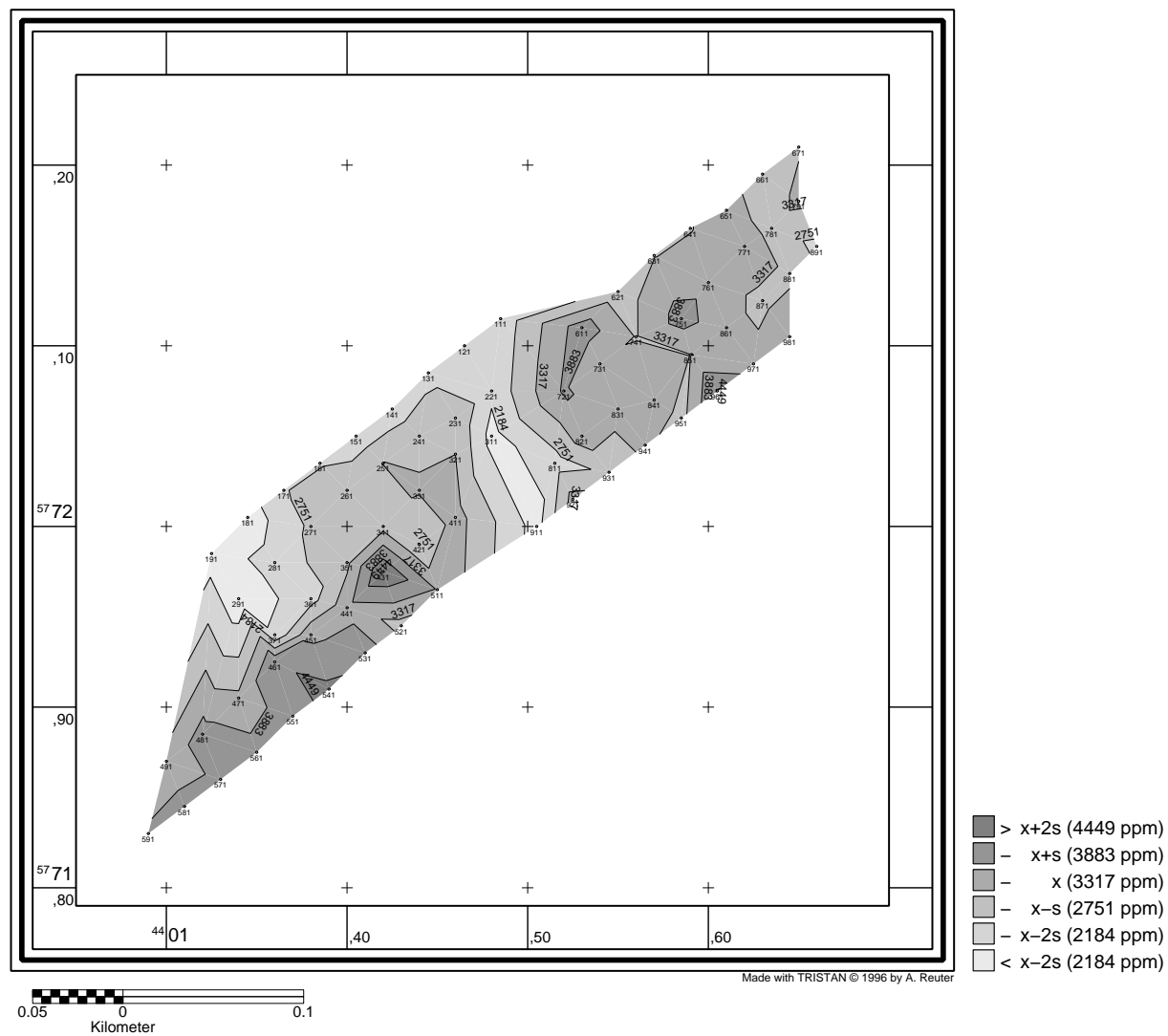


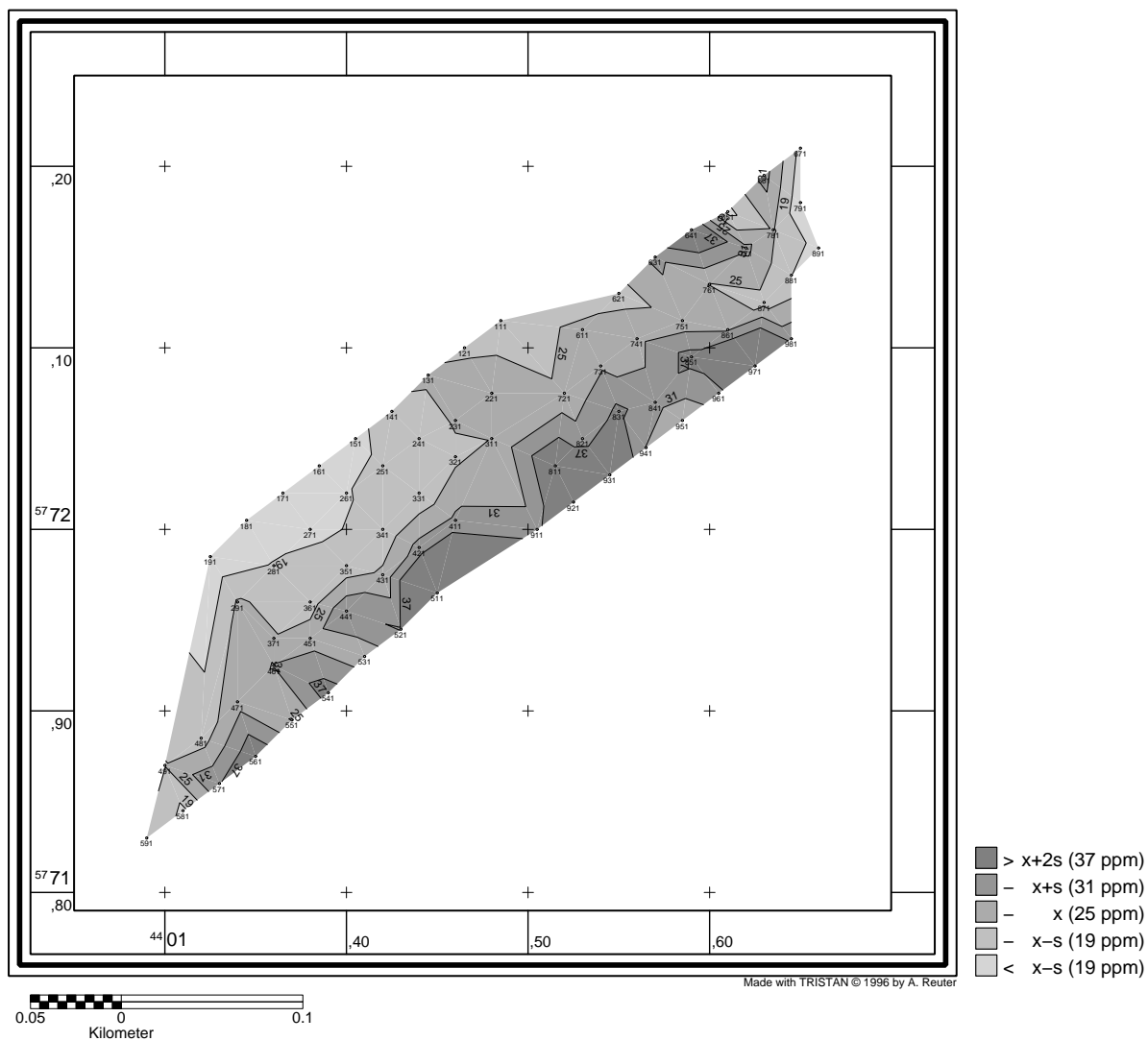
Tafel 55: Heiningen Grünland: Cu-Verteilung im Gr-Horizont

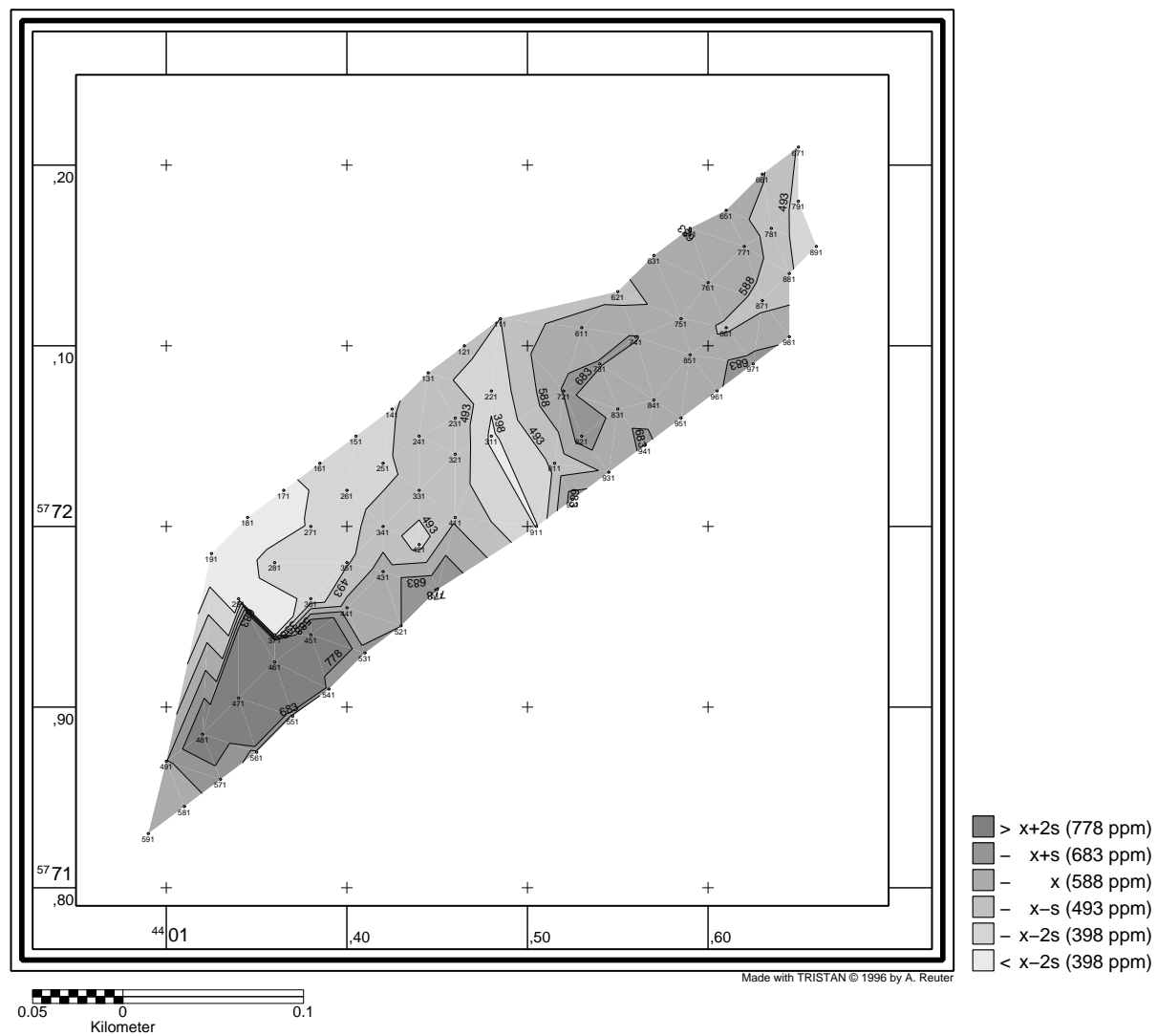


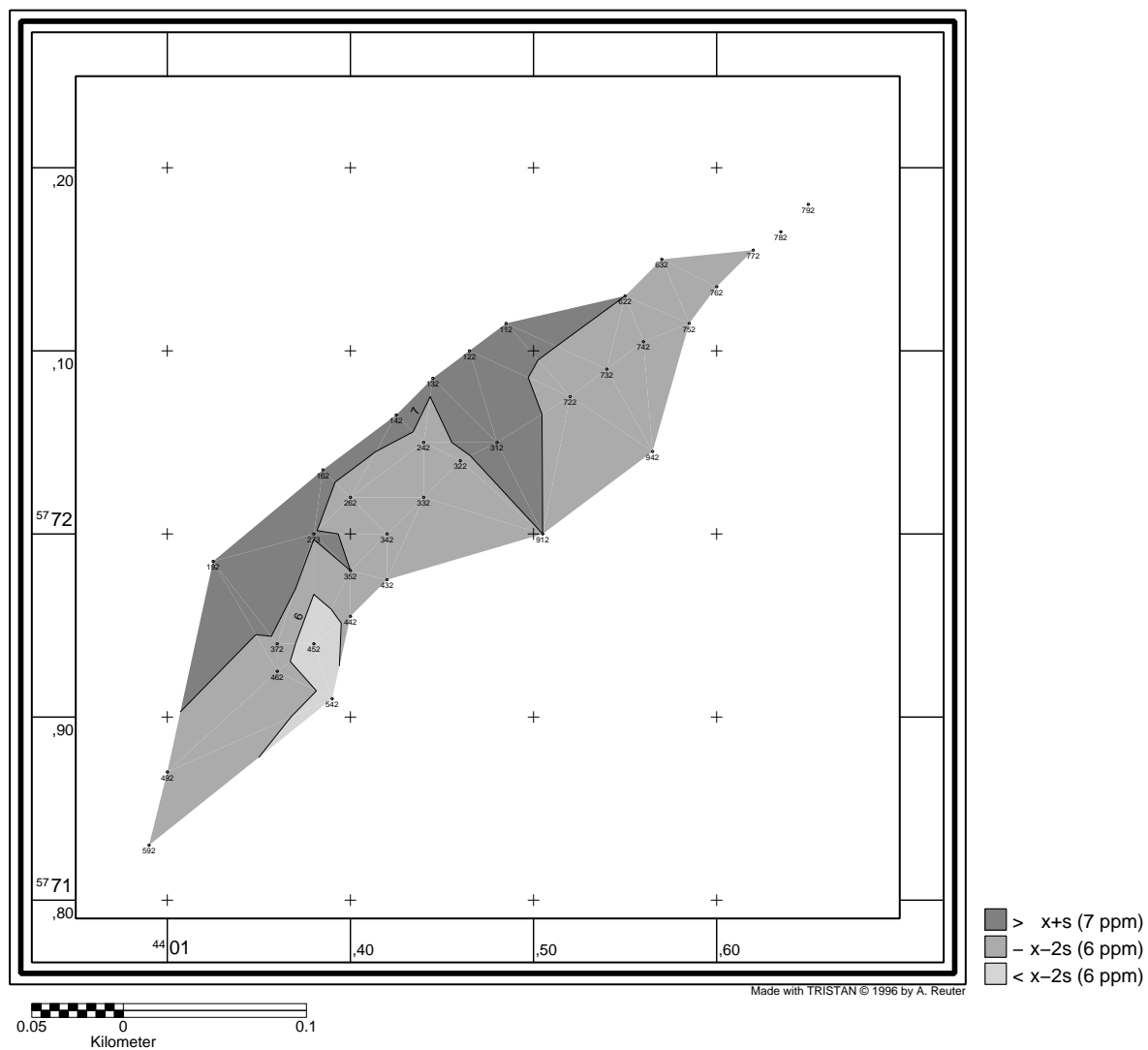
Tafel 56: Heiningen Wald: pH-Verteilung im A_h-Horizont

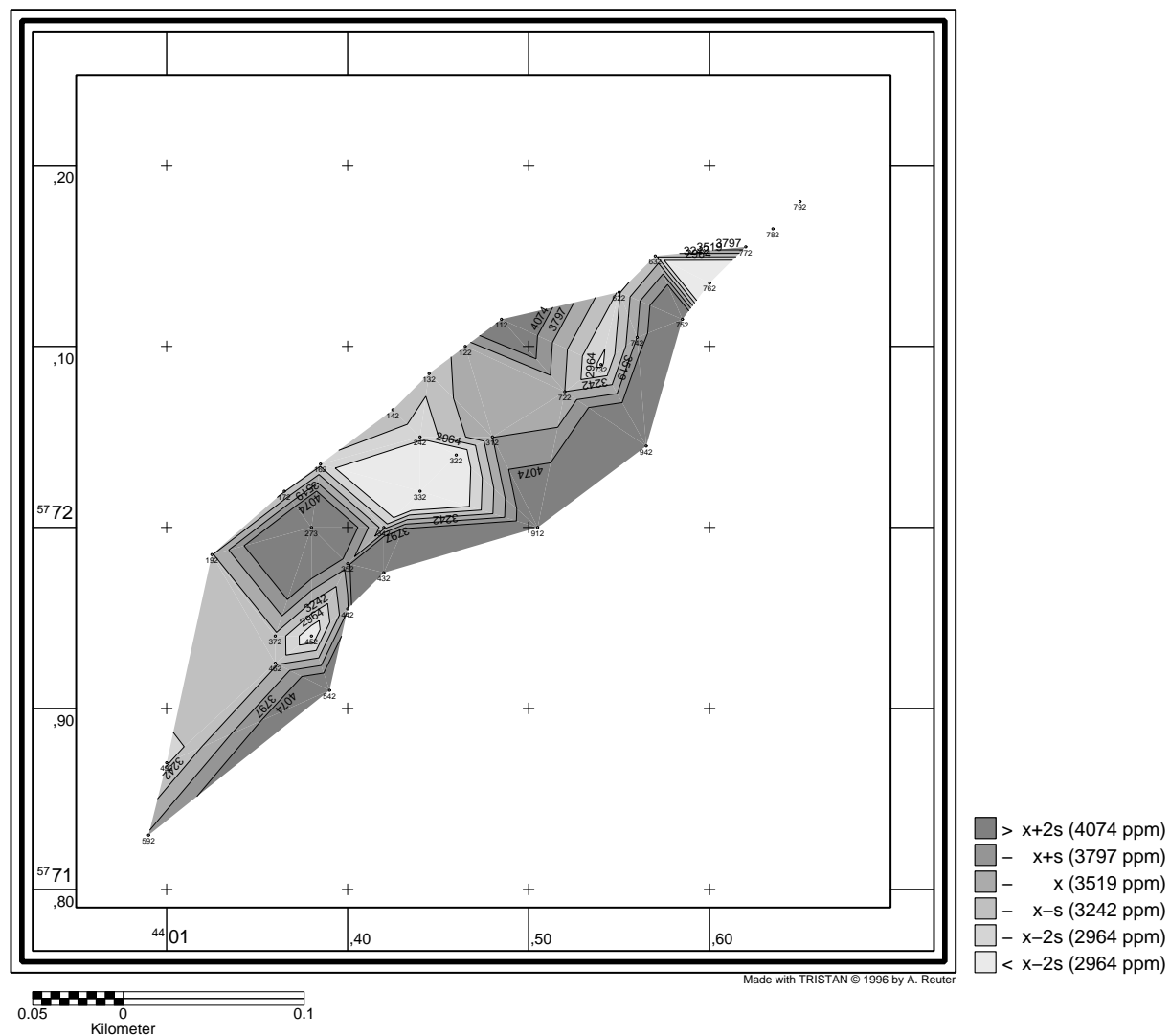
Tafel 57: Heiningen Wald: Zn-Verteilung im A_h-Horizont

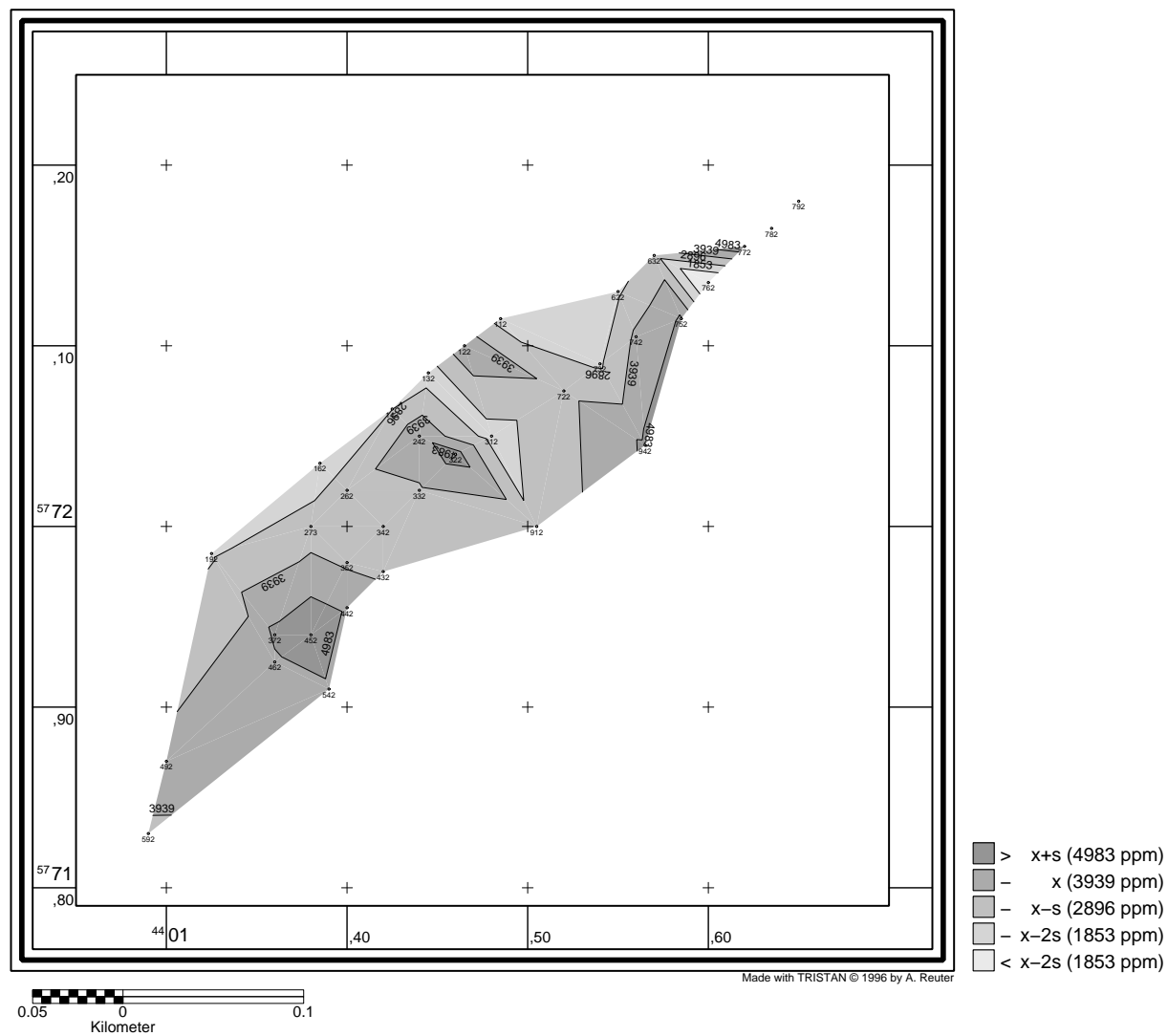
Tafel 58: Heiningen Wald: Pb-Verteilung im A_h-Horizont

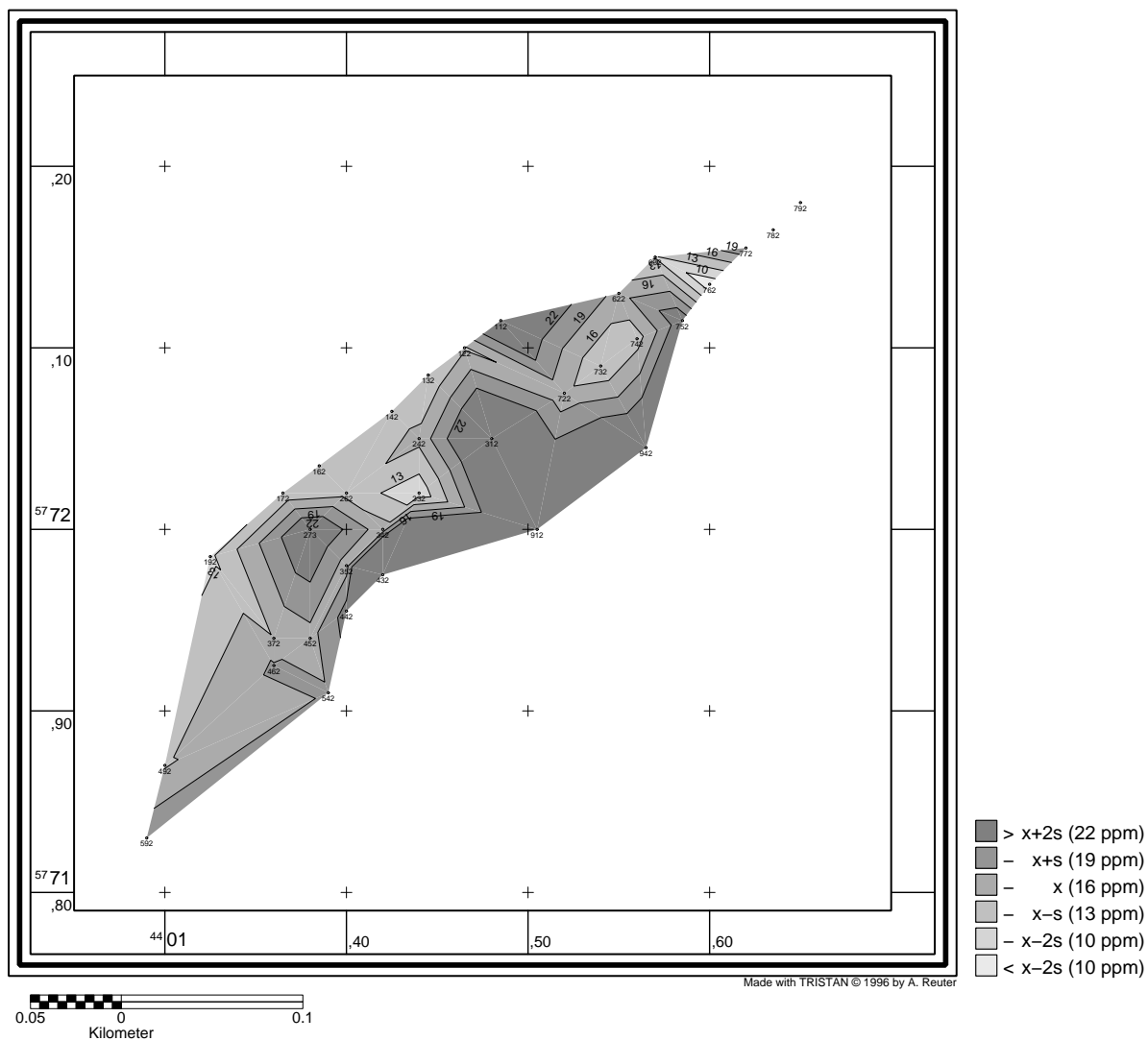
Tafel 59: Heiningen Wald: Cd-Verteilung im A_h-Horizont

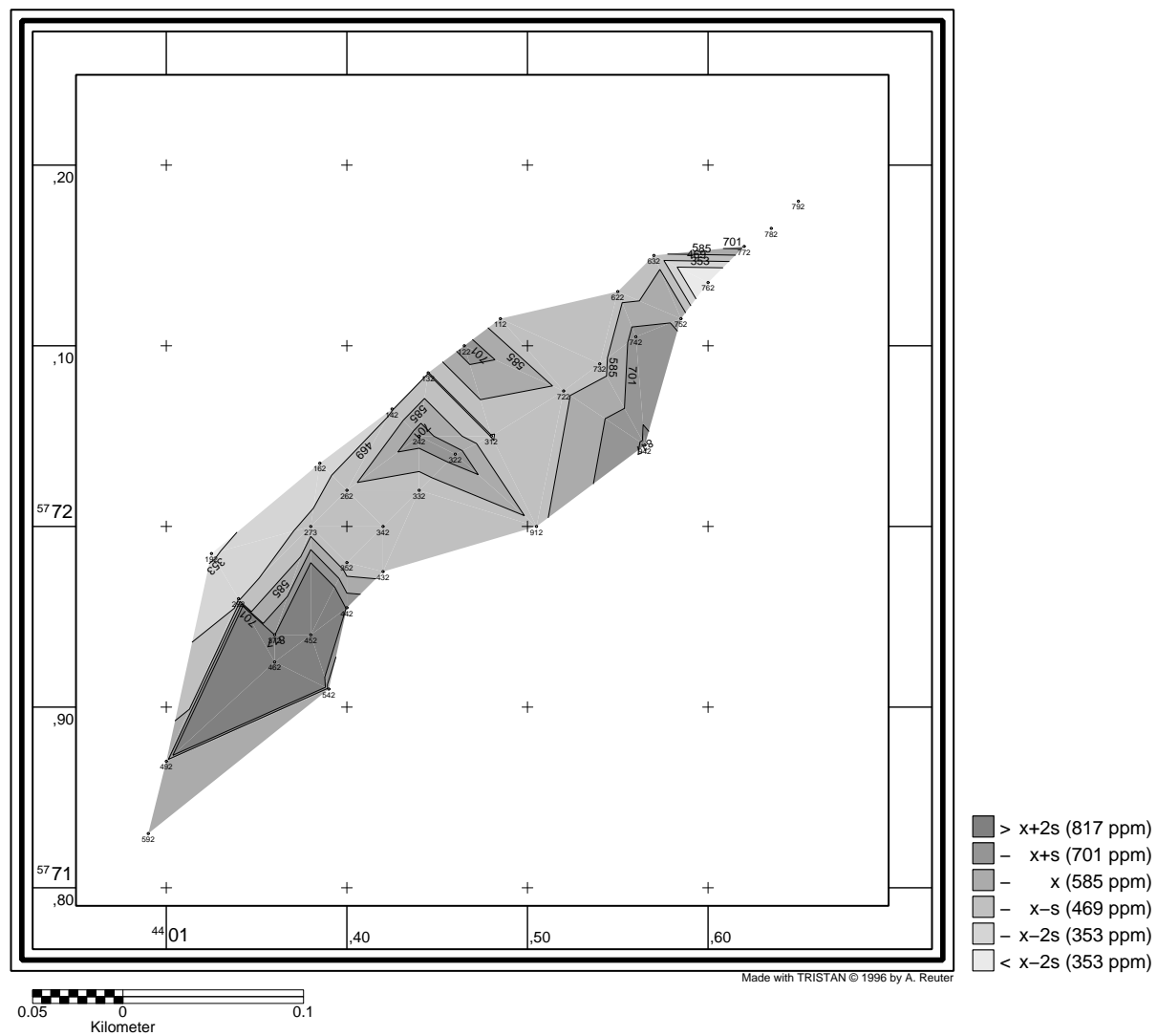
Tafel 60: Heiningen Wald: Cu-Verteilung im A_h-Horizont

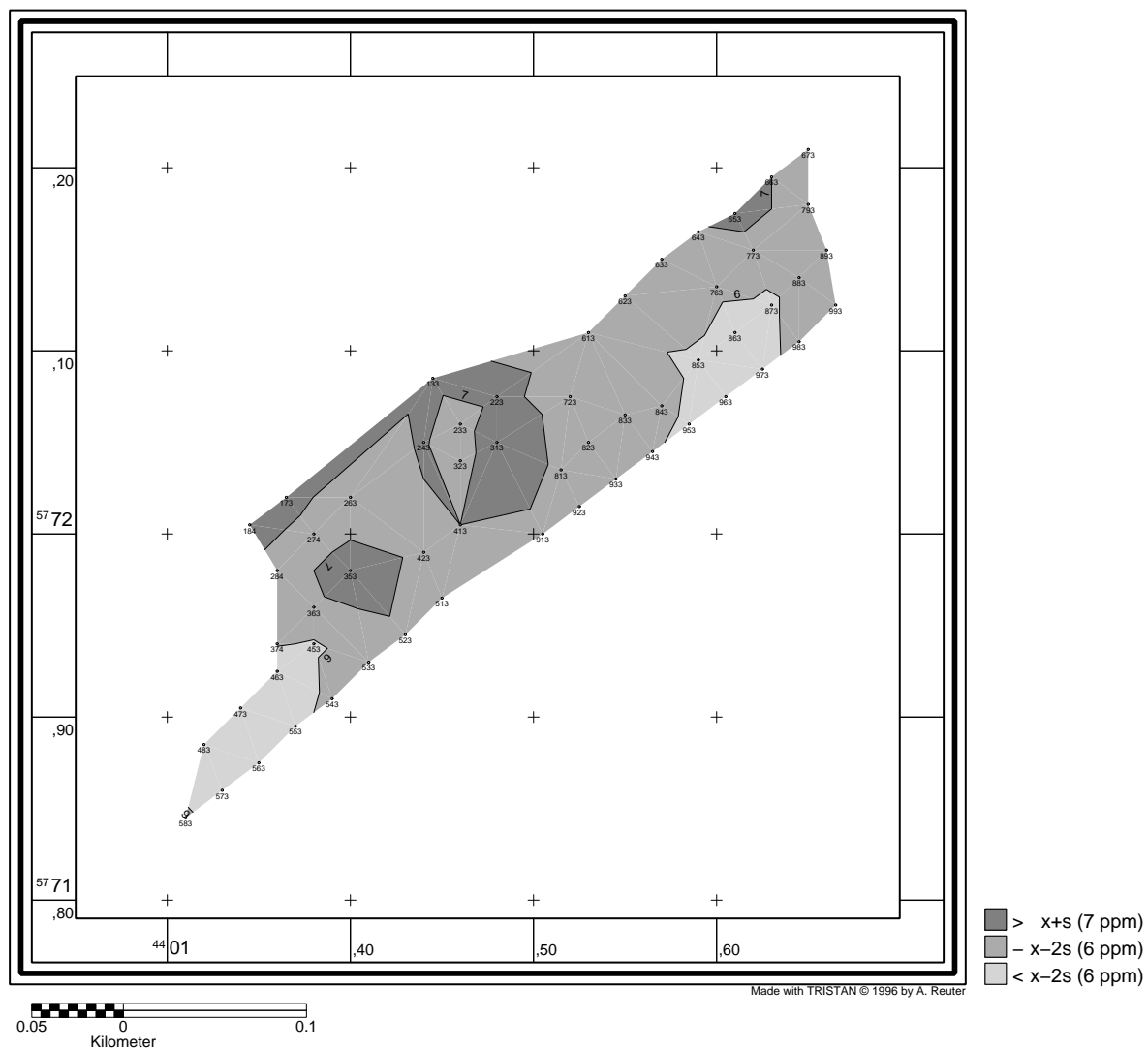
Tafel 61: Heiningen Wald: pH-Verteilung im G₀-Horizont

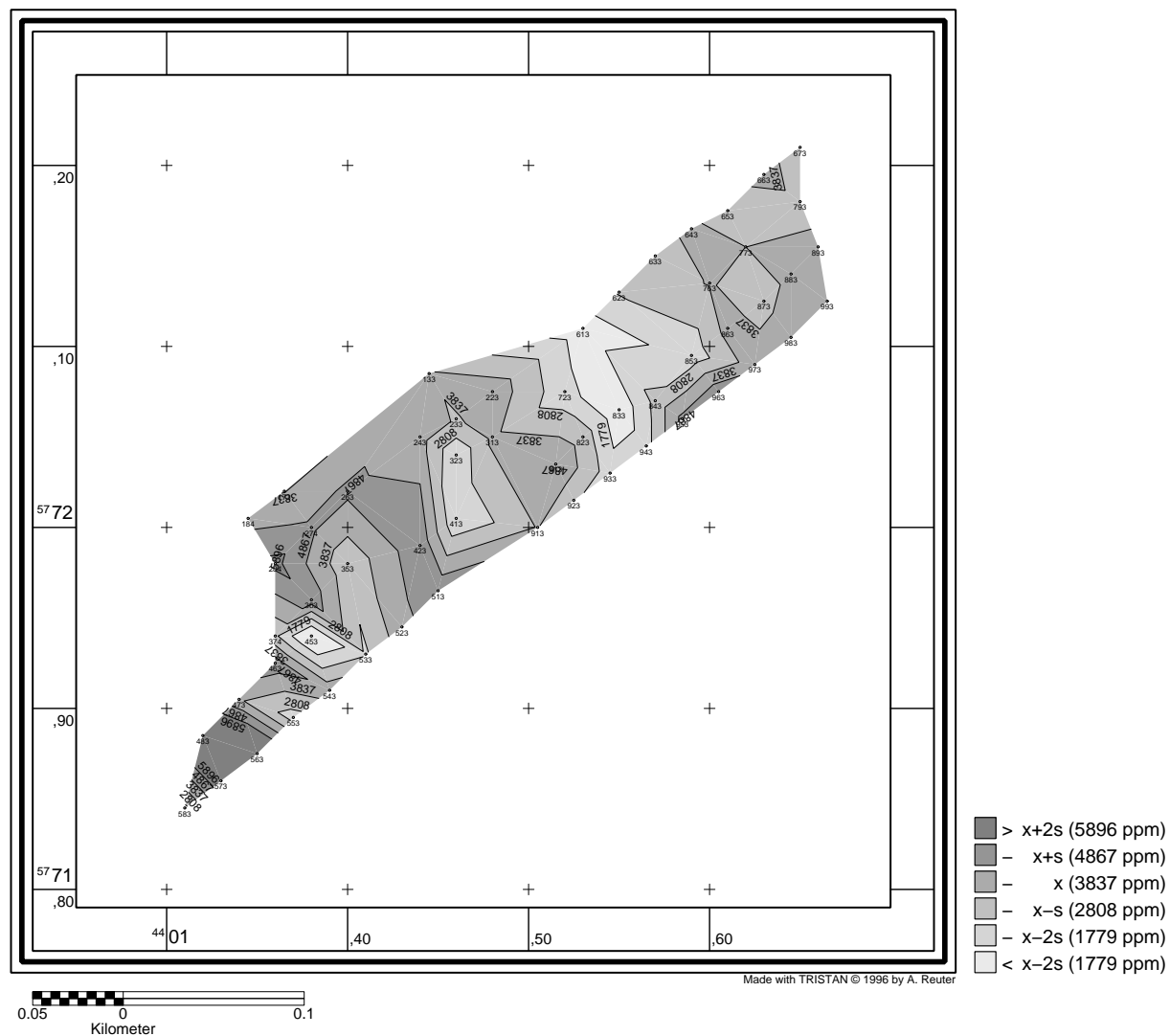
Tafel 62: Heiningen Wald: Zn-Verteilung im G₀-Horizont

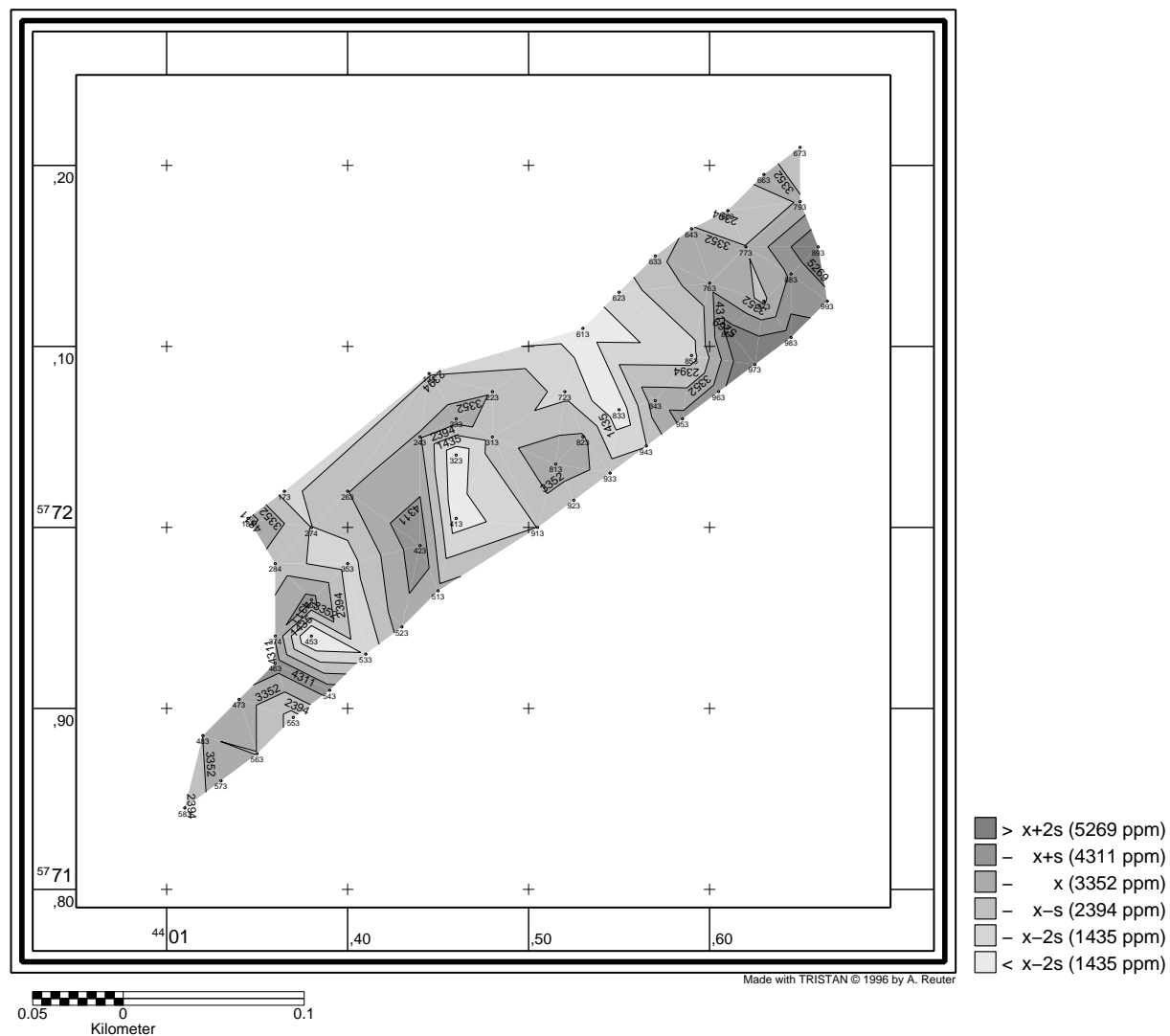
Tafel 63: Heiningen Wald: Pb-Verteilung im G₀-Horizont

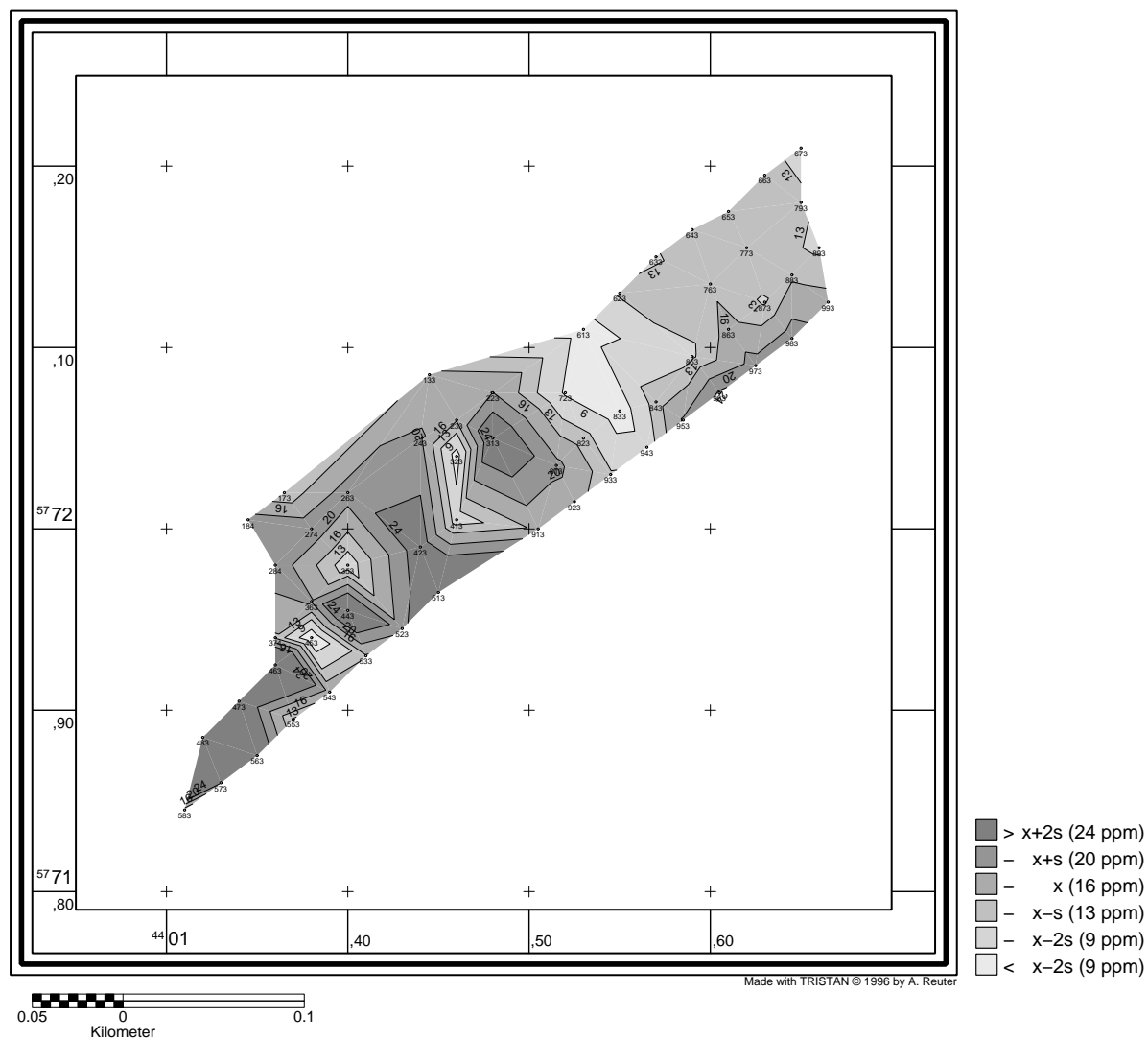
Tafel 64: Heiningen Wald: Cd-Verteilung im G₀-Horizont

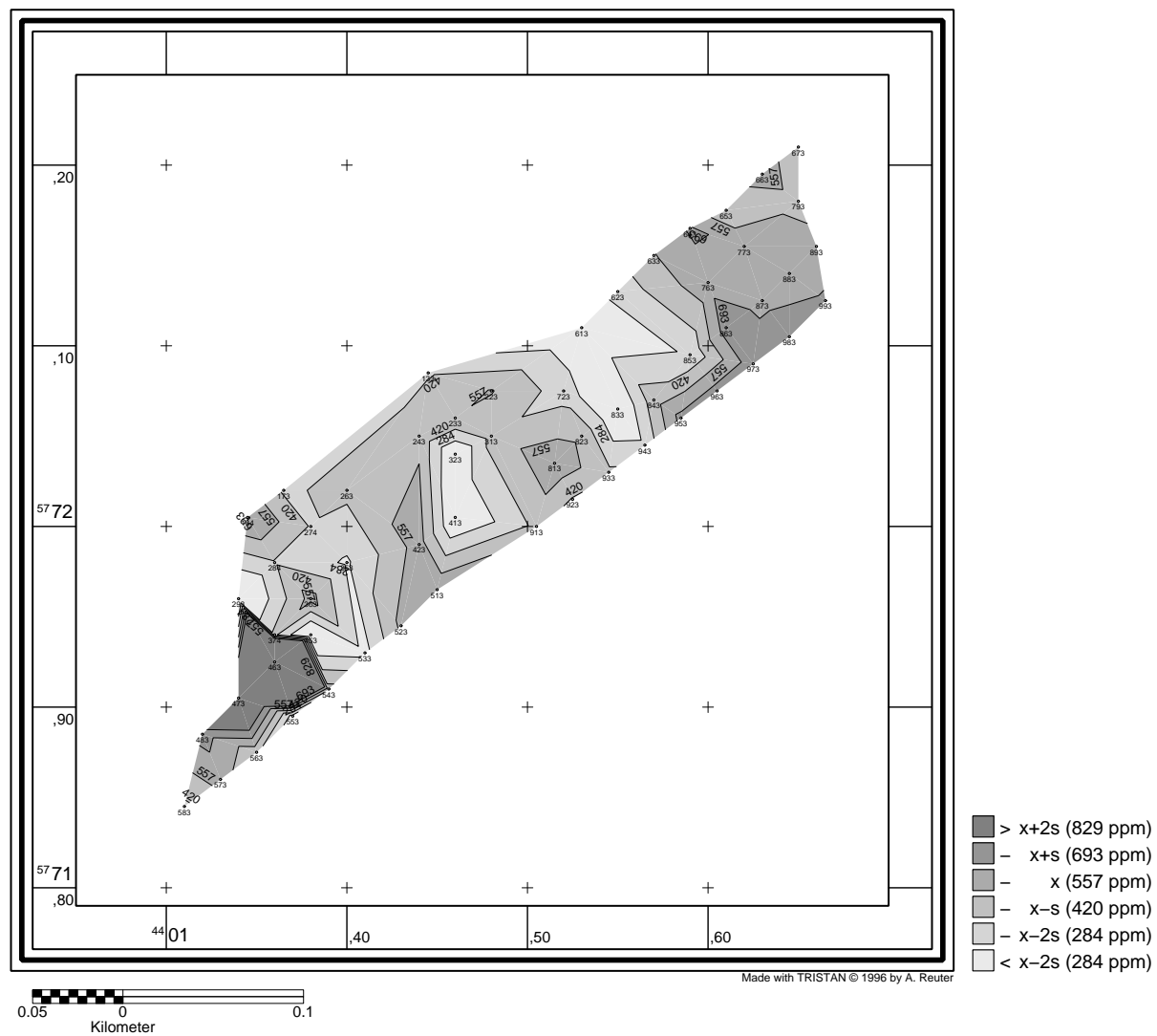
Tafel 65: Heiningen Wald: Cu-Verteilung im G₀-Horizont

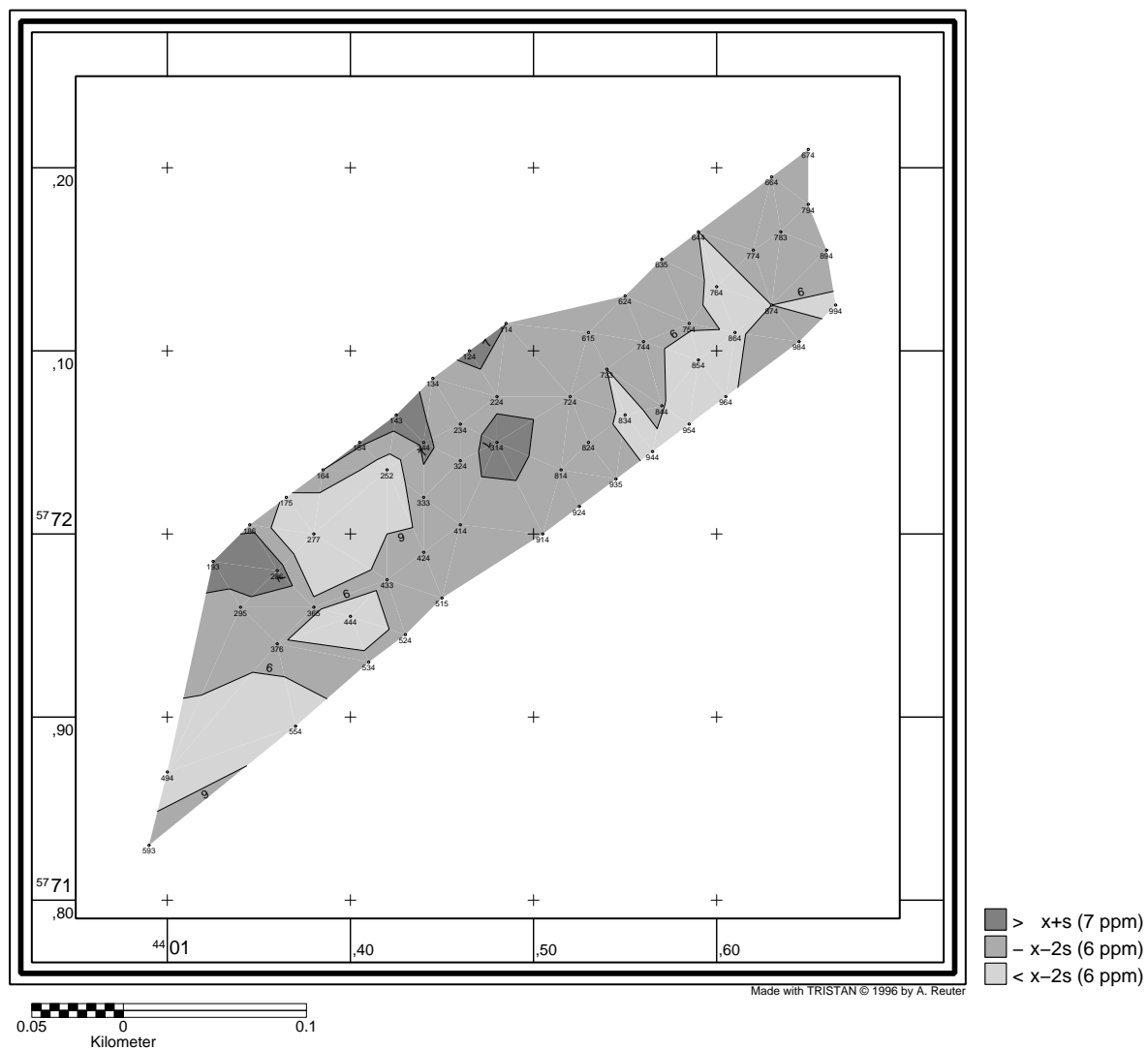
Tafel 66: Heiningen Wald: pH-Verteilung im G_{ro}-Horizont

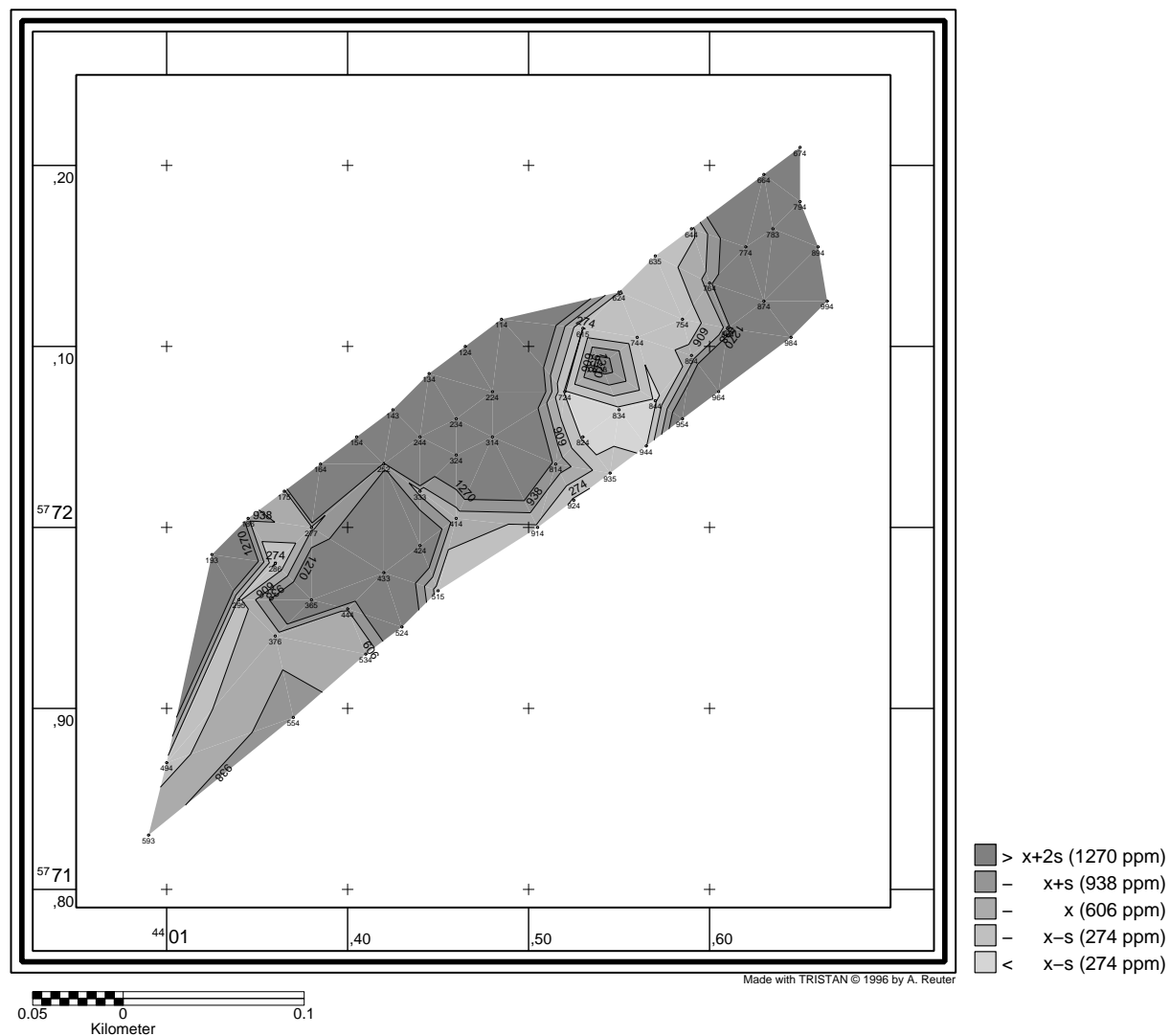
Tafel 67: Heiningen Wald: Zn-Verteilung im G_{ro}-Horizont

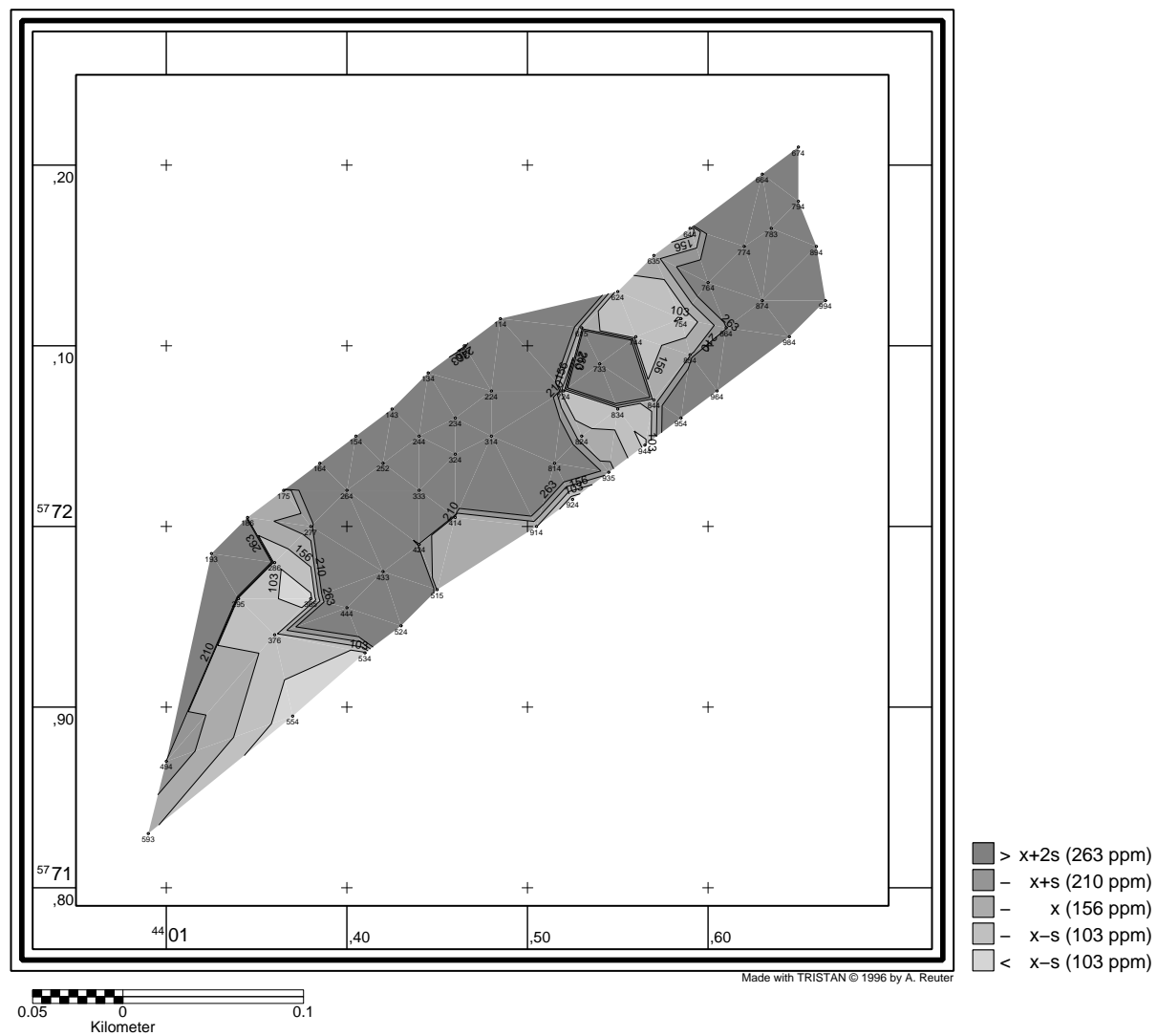
Tafel 68: Heiningen Wald: Pb-Verteilung im G_{ro}-Horizont

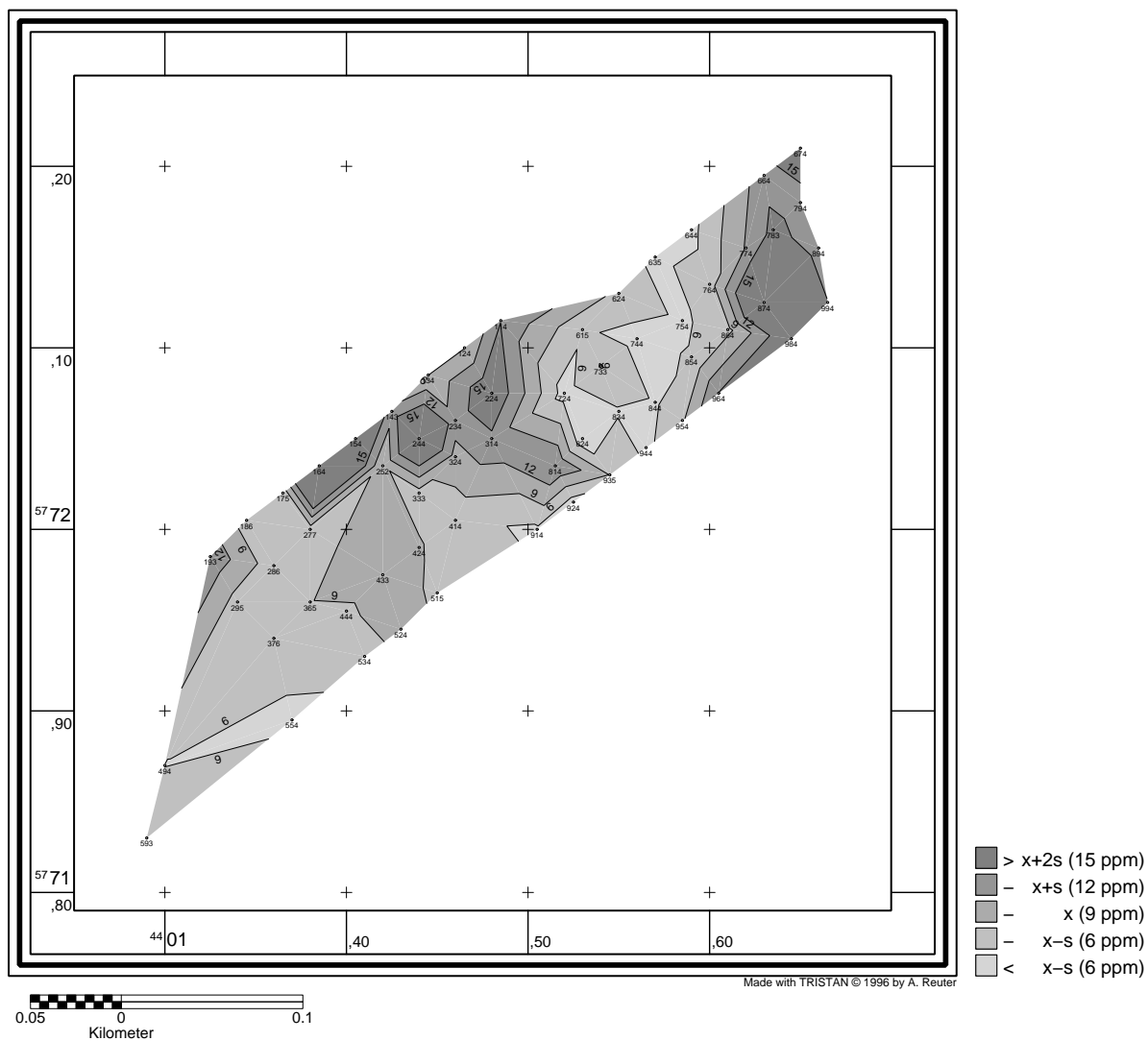
Tafel 69: Heiningen Wald: Cd-Verteilung im G_{ro}-Horizont

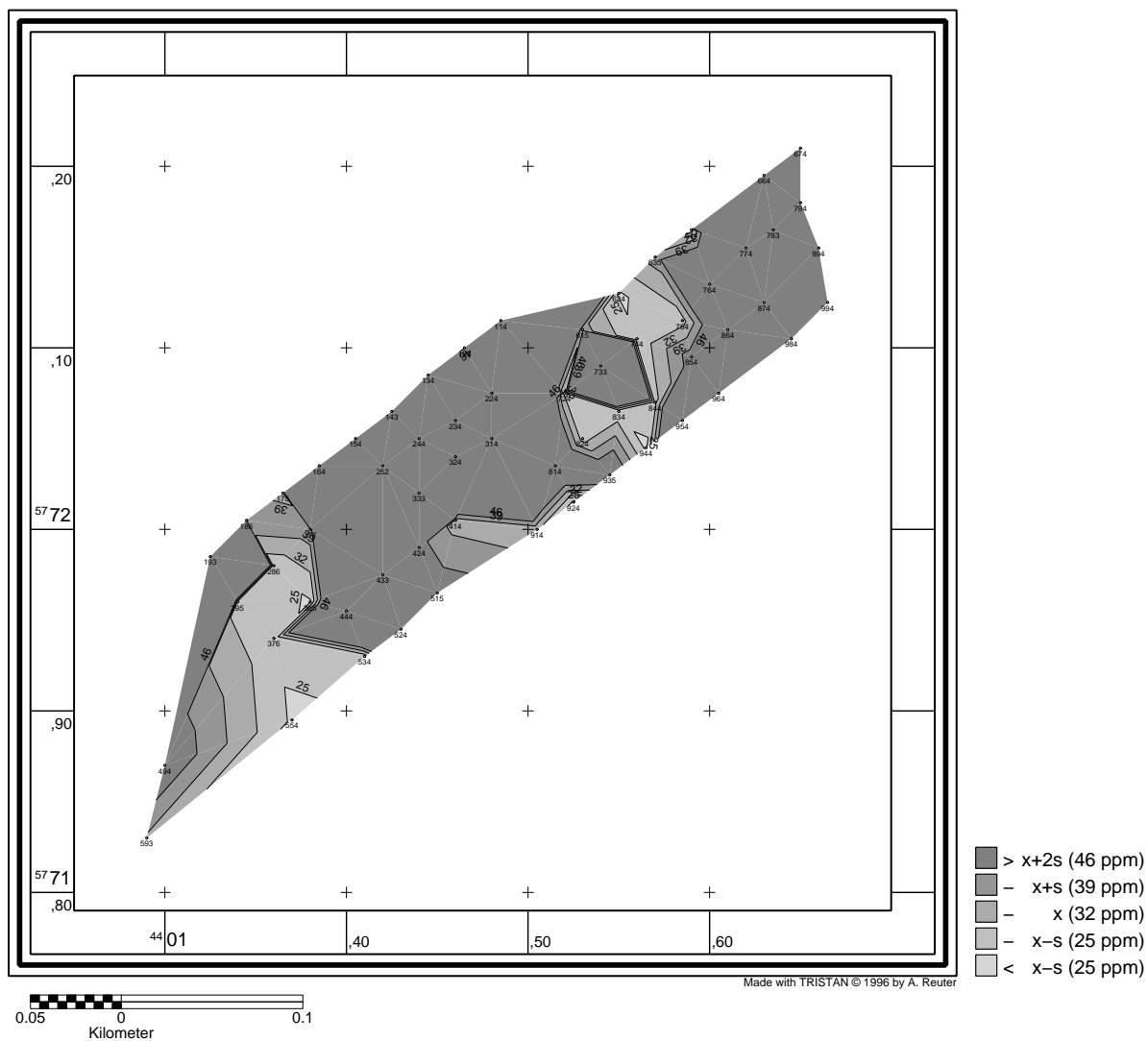
Tafel 70: Heiningen Wald: Cu-Verteilung im G_{ro}-Horizont

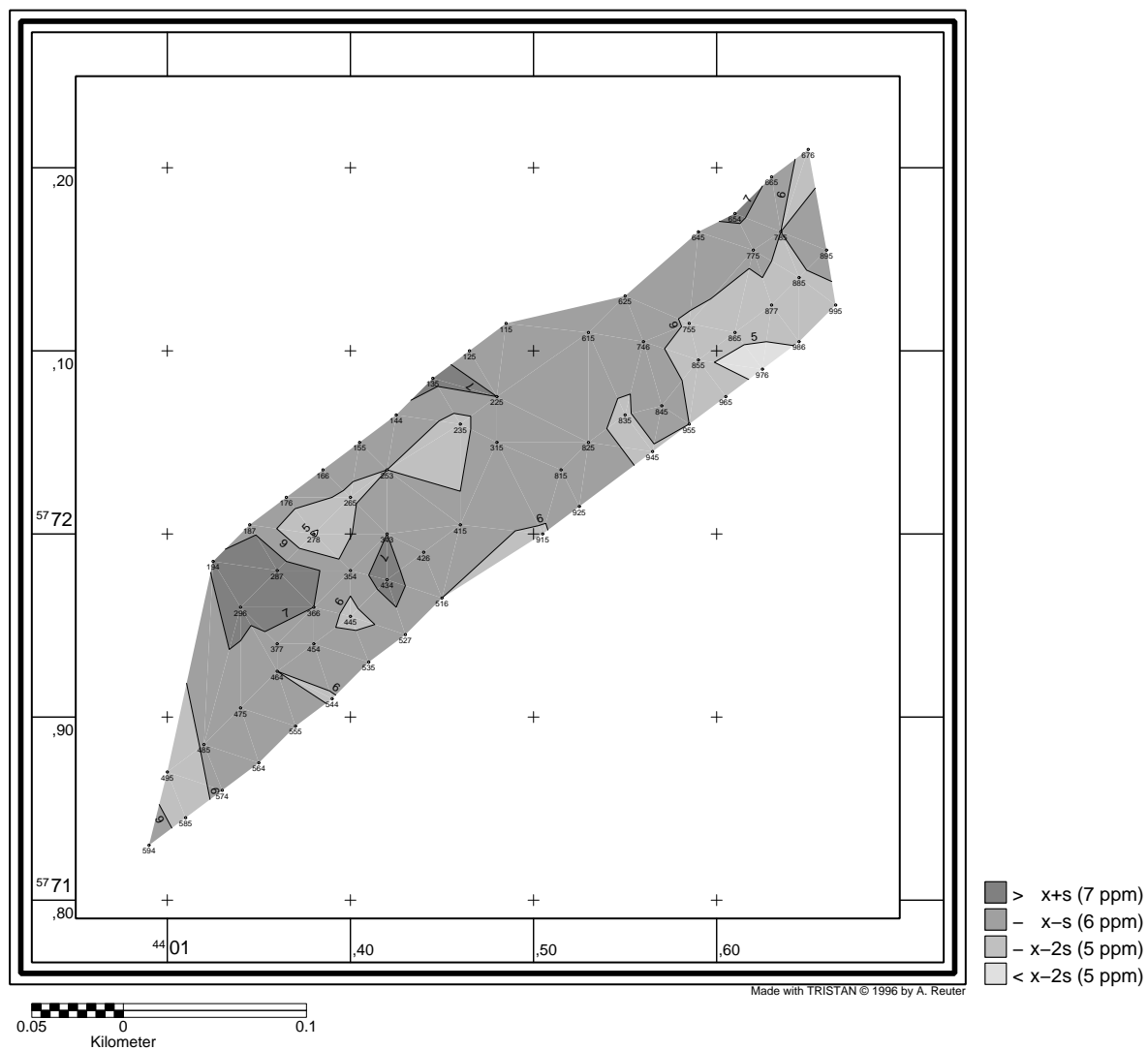
Tafel 71: Heiningen Wald: pH-Verteilung im G_{Or} -Horizont

Tafel 72: Heiningen Wald: Zn-Verteilung im G_{Or}-Horizont

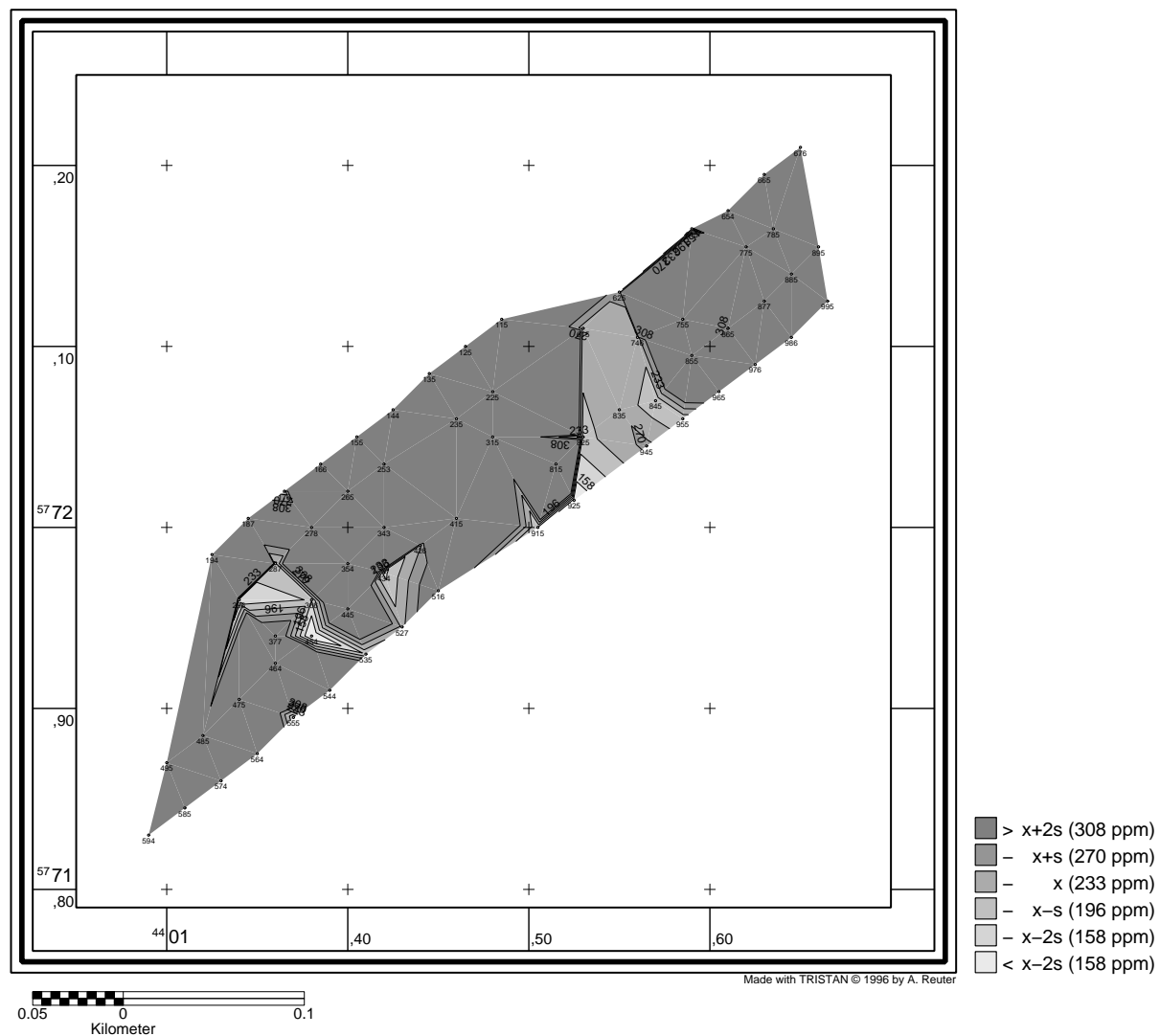
Tafel 73: Heiningen Wald: Pb-Verteilung im G_{Or}-Horizont

Tafel 74: Heiningen Wald: Cd-Verteilung im G_{Or}-Horizont

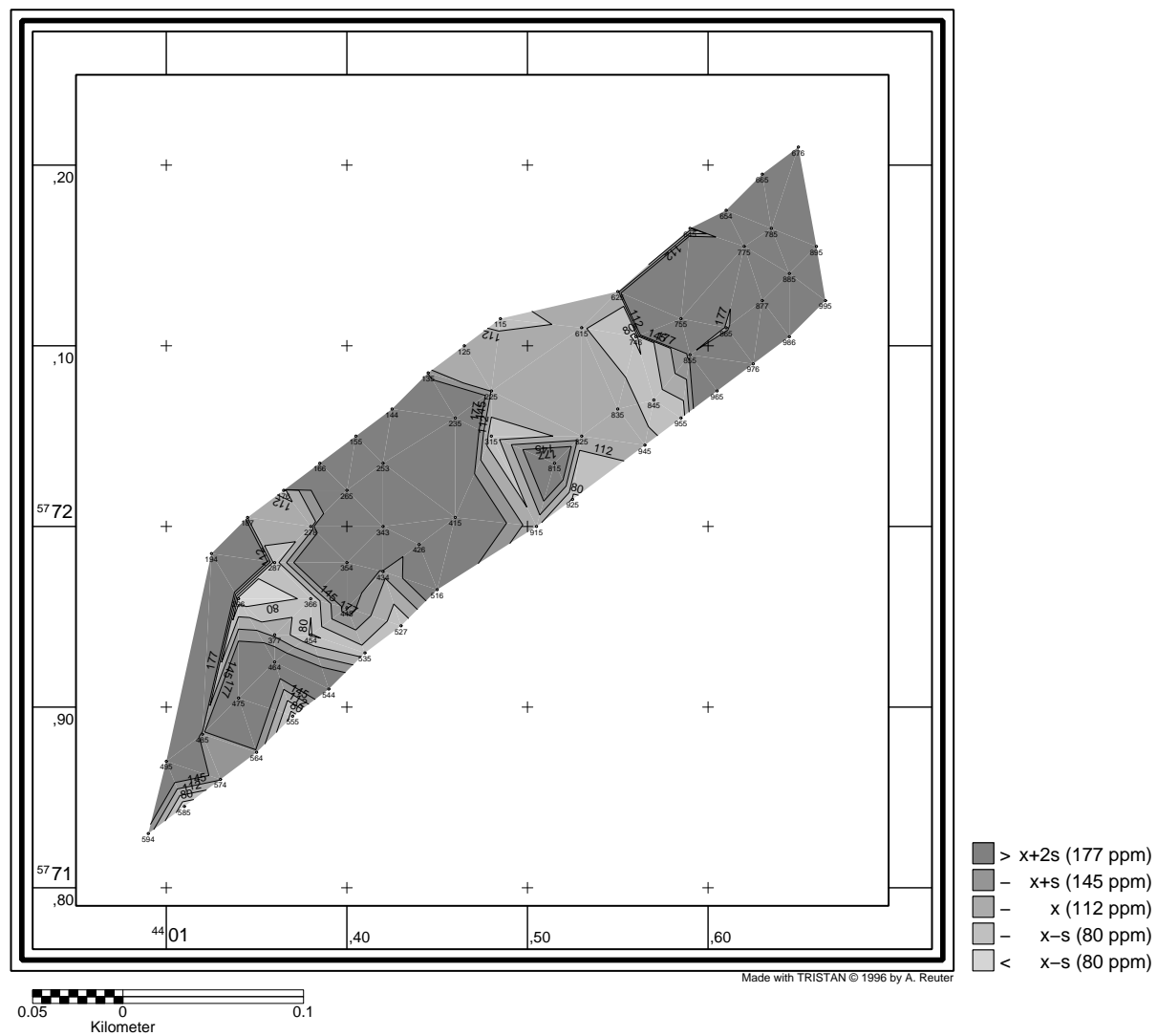
Tafel 75: Heiningen Wald: Cu-Verteilung im G_{Or}-Horizont

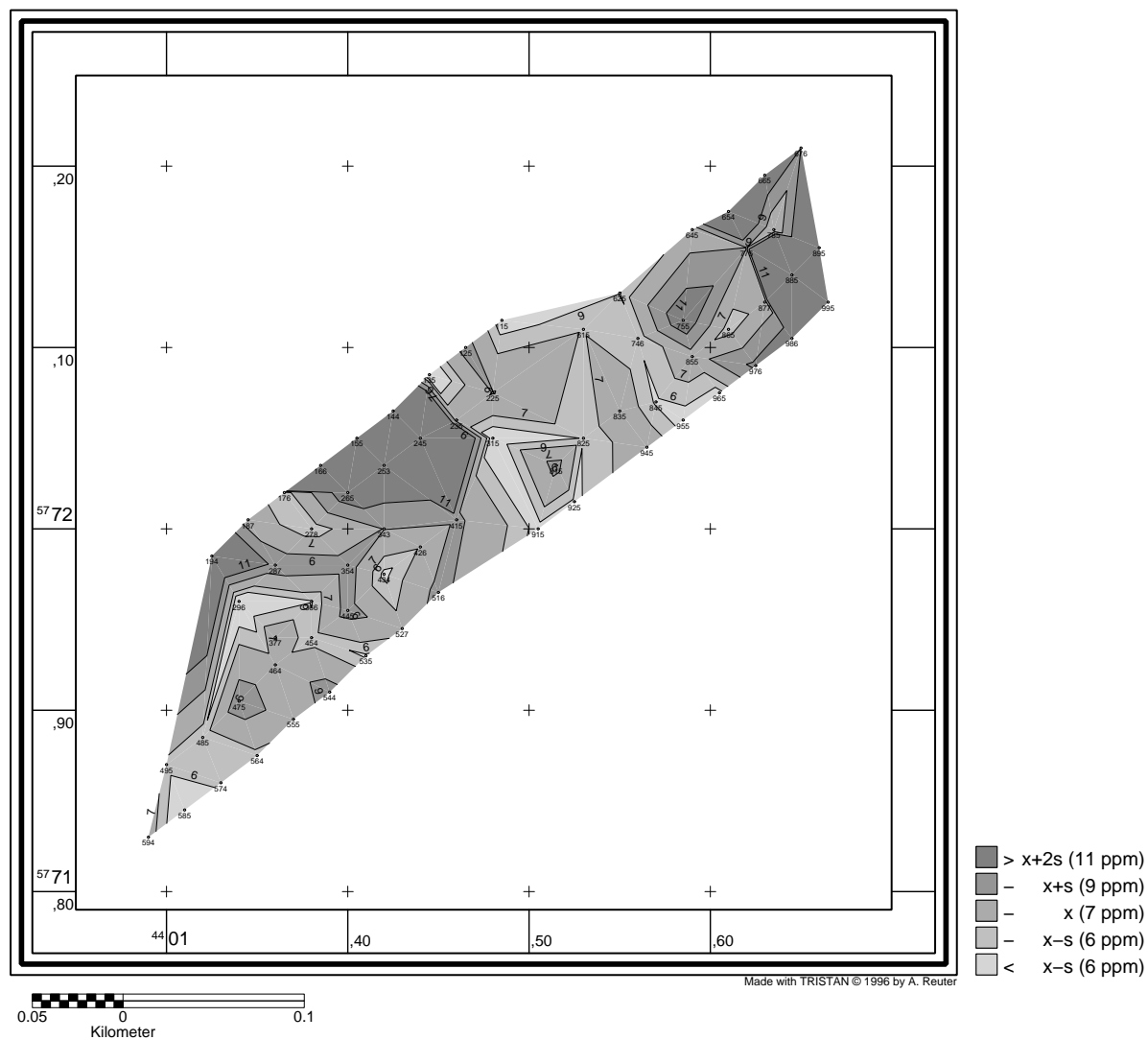


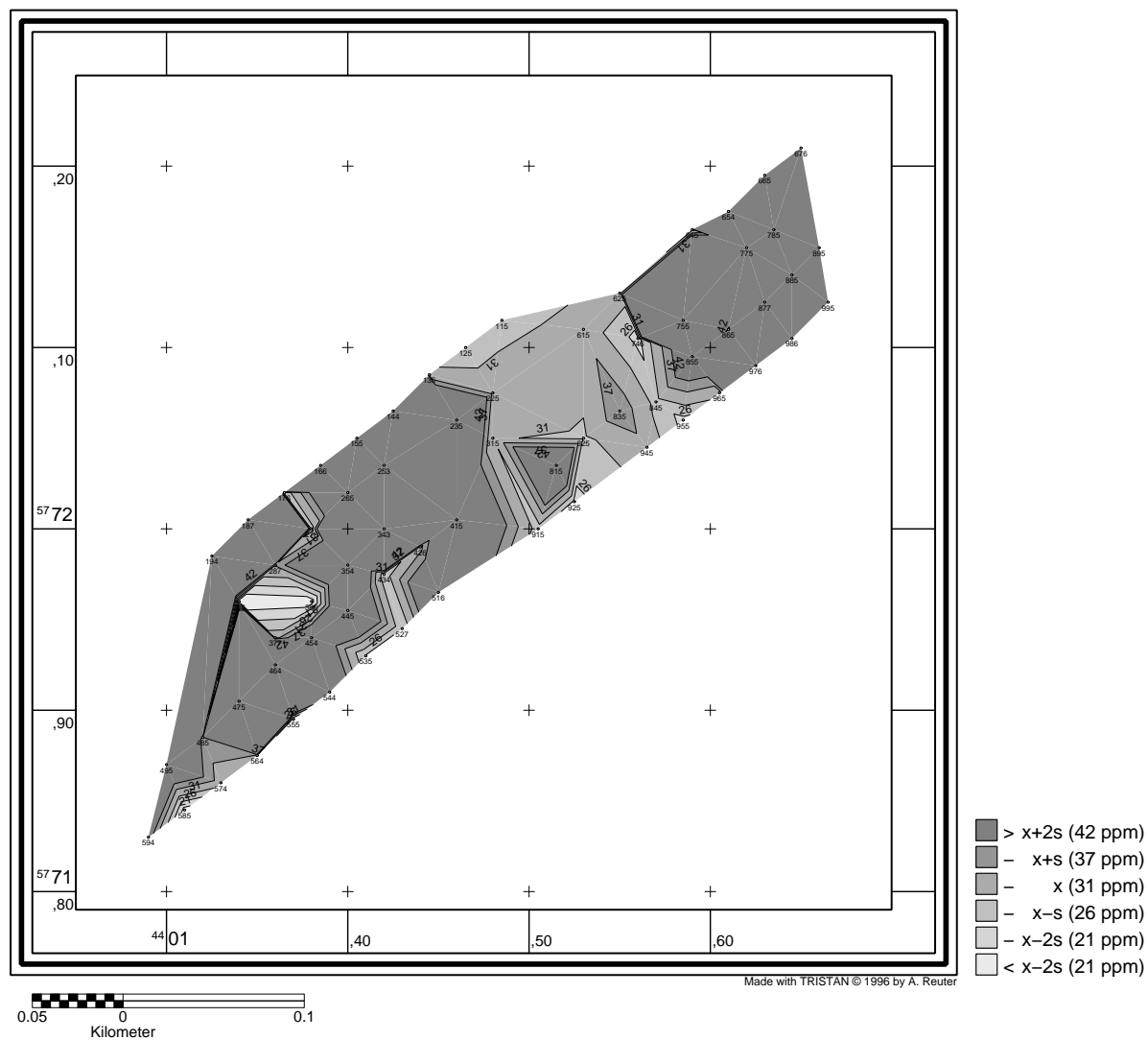
Tafel 76: Heiningen Wald: pH-Verteilung im Gr-Horizont



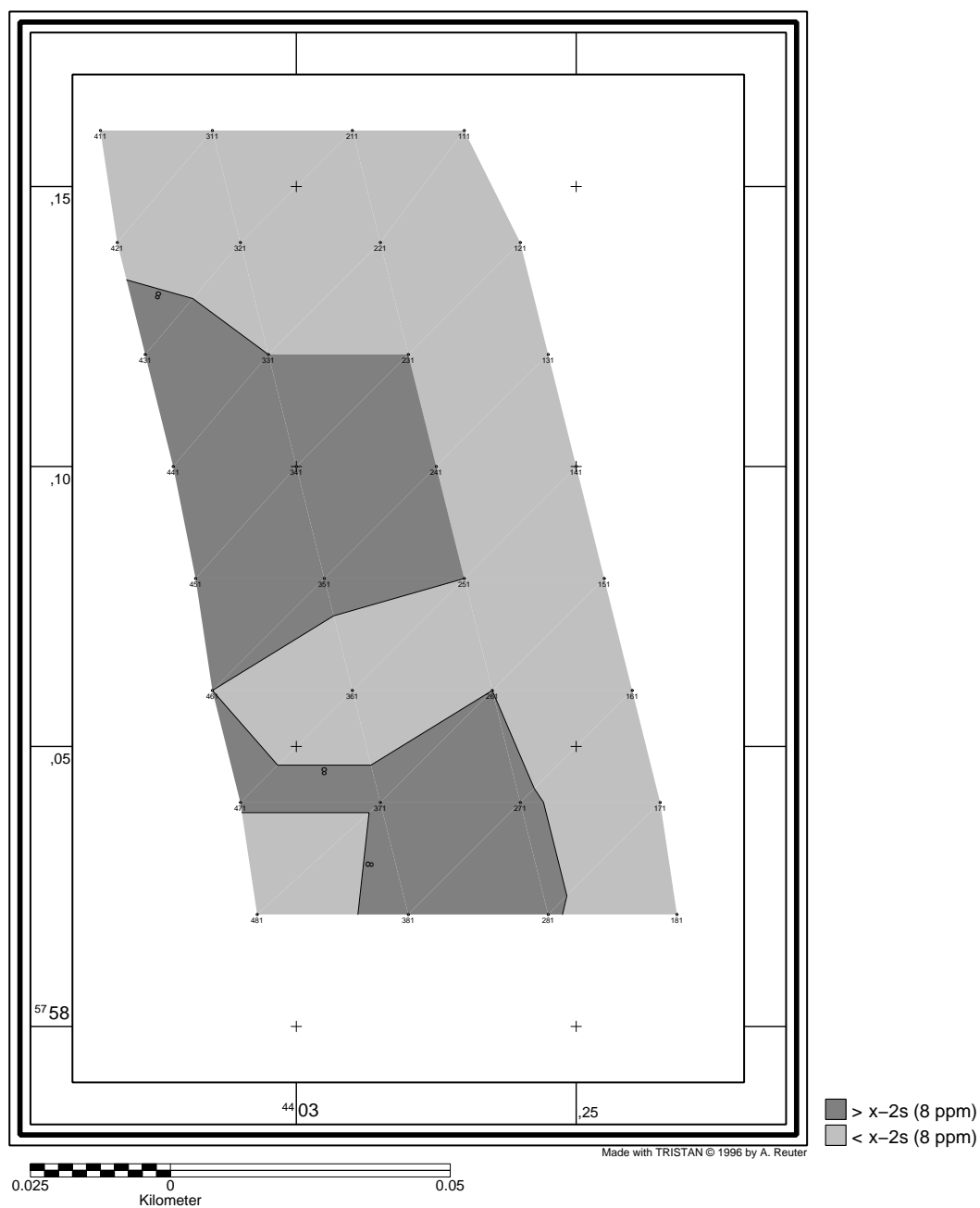
Tafel 77: Heiningen Wald: Zn-Verteilung im Gr-Horizont

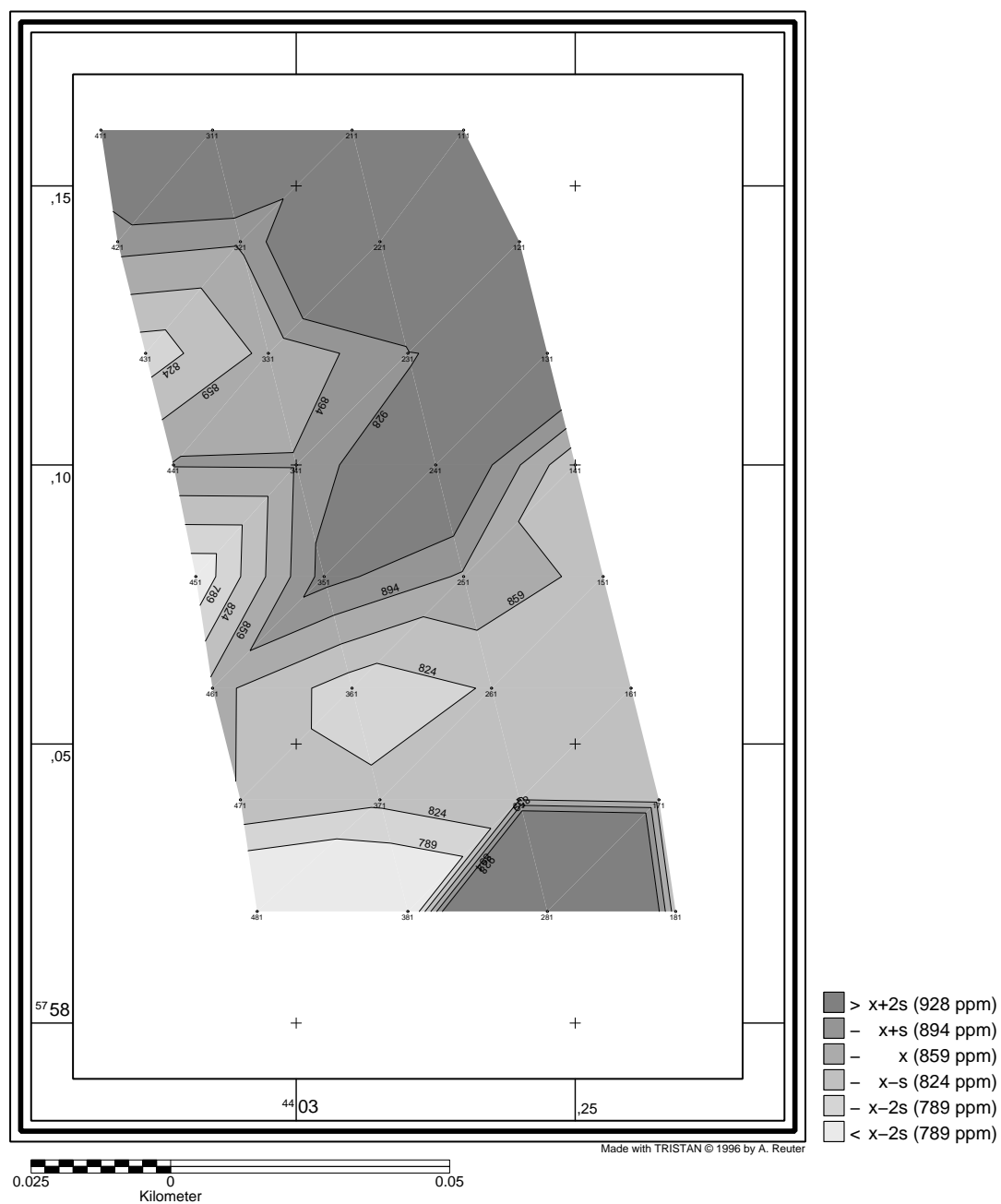
Tafel 78: Heiningen Wald: Pb-Verteilung im G_r-Horizont

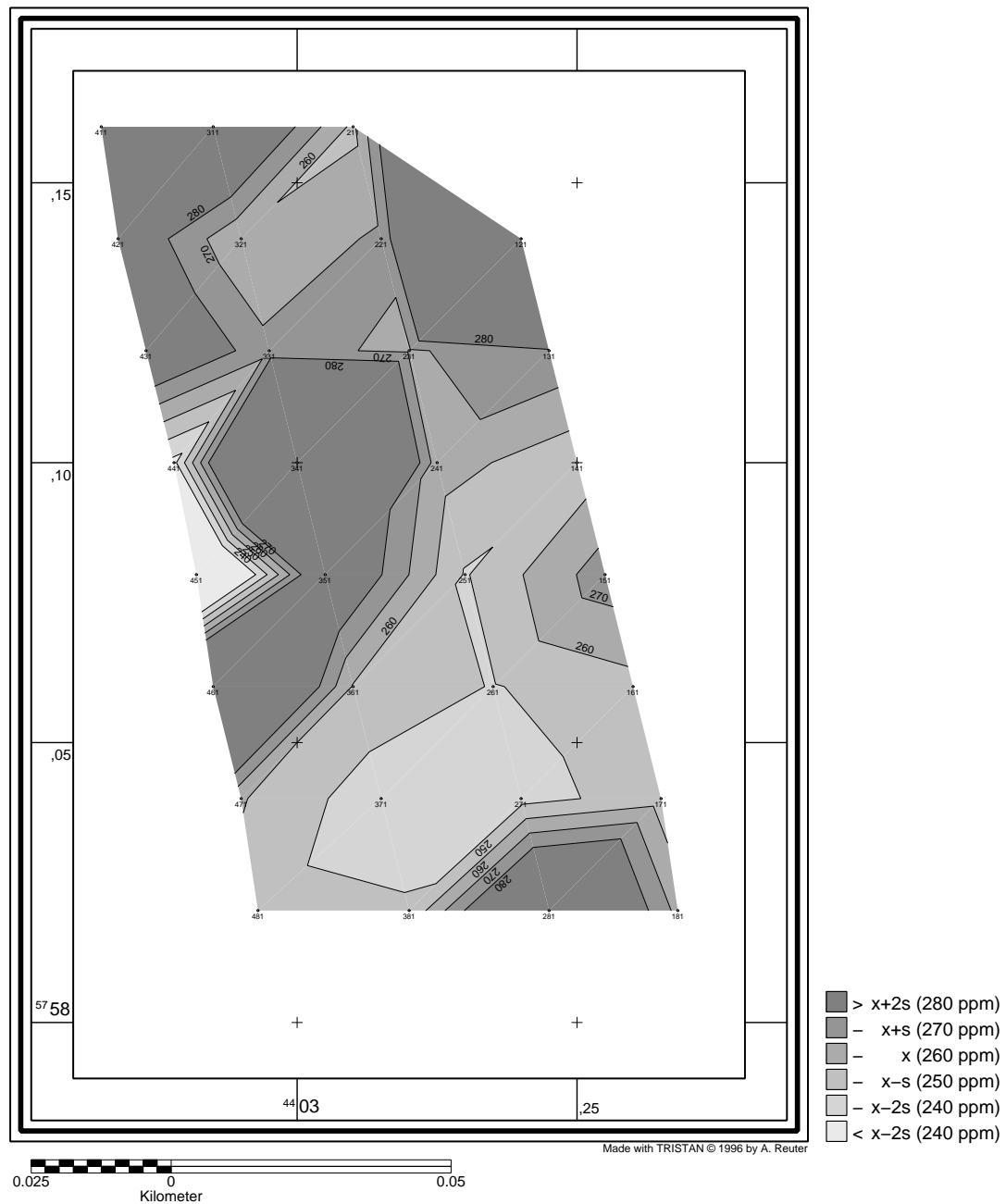
Tafel 79: Heiningen Wald: Cd-Verteilung im G_r-Horizont

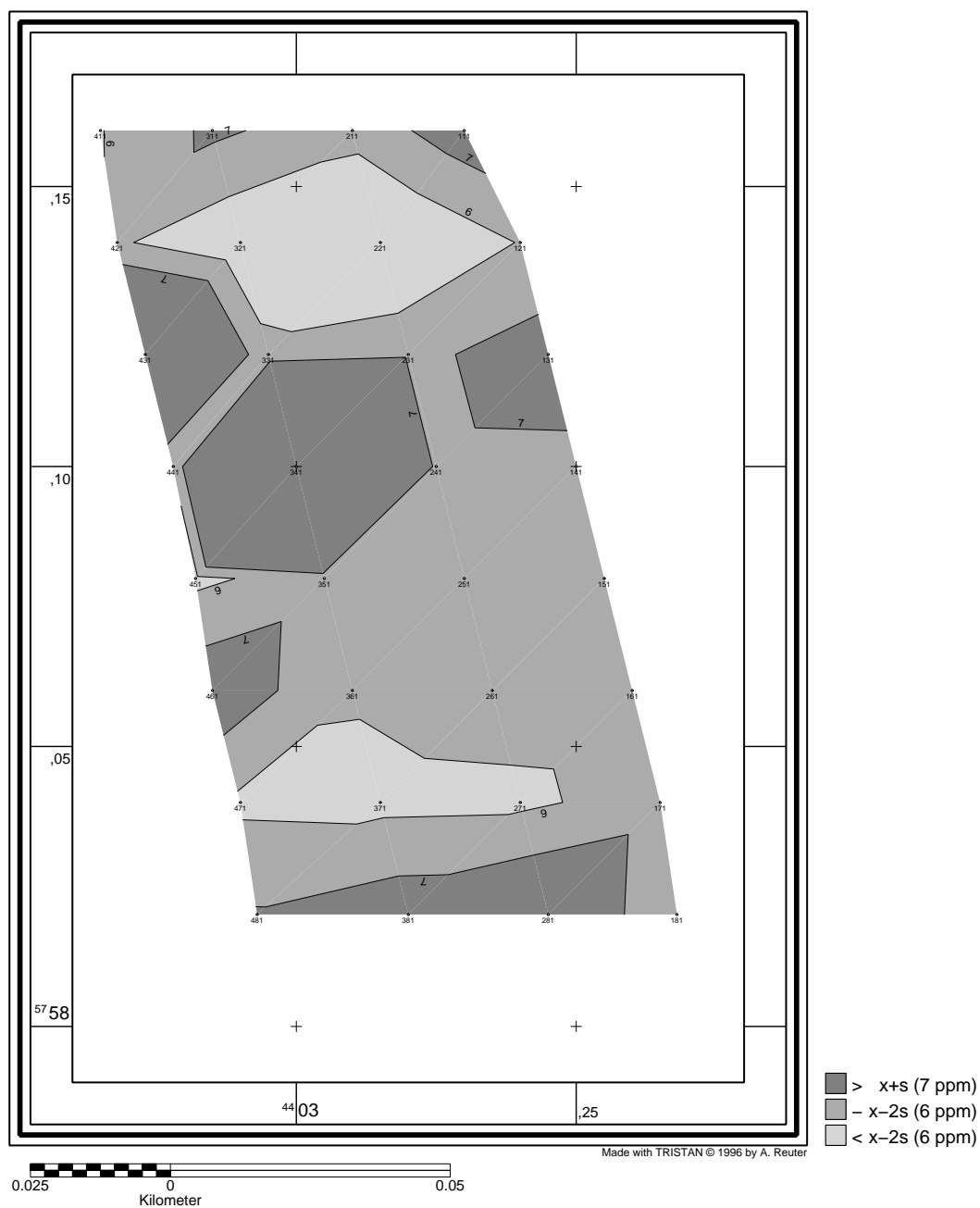


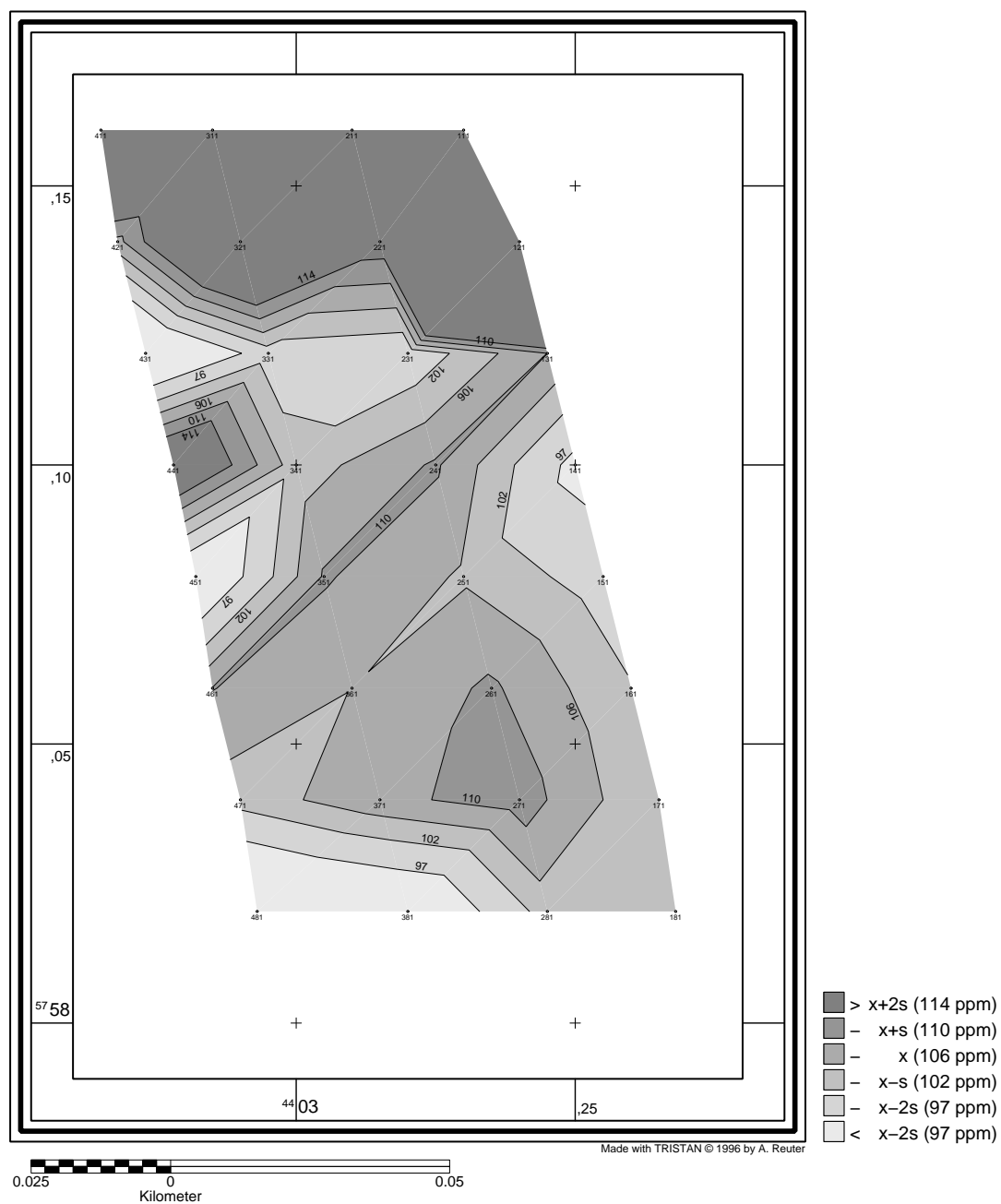
Tafel 80: Heiningen Wald: Cu-Verteilung im Gr-Horizont

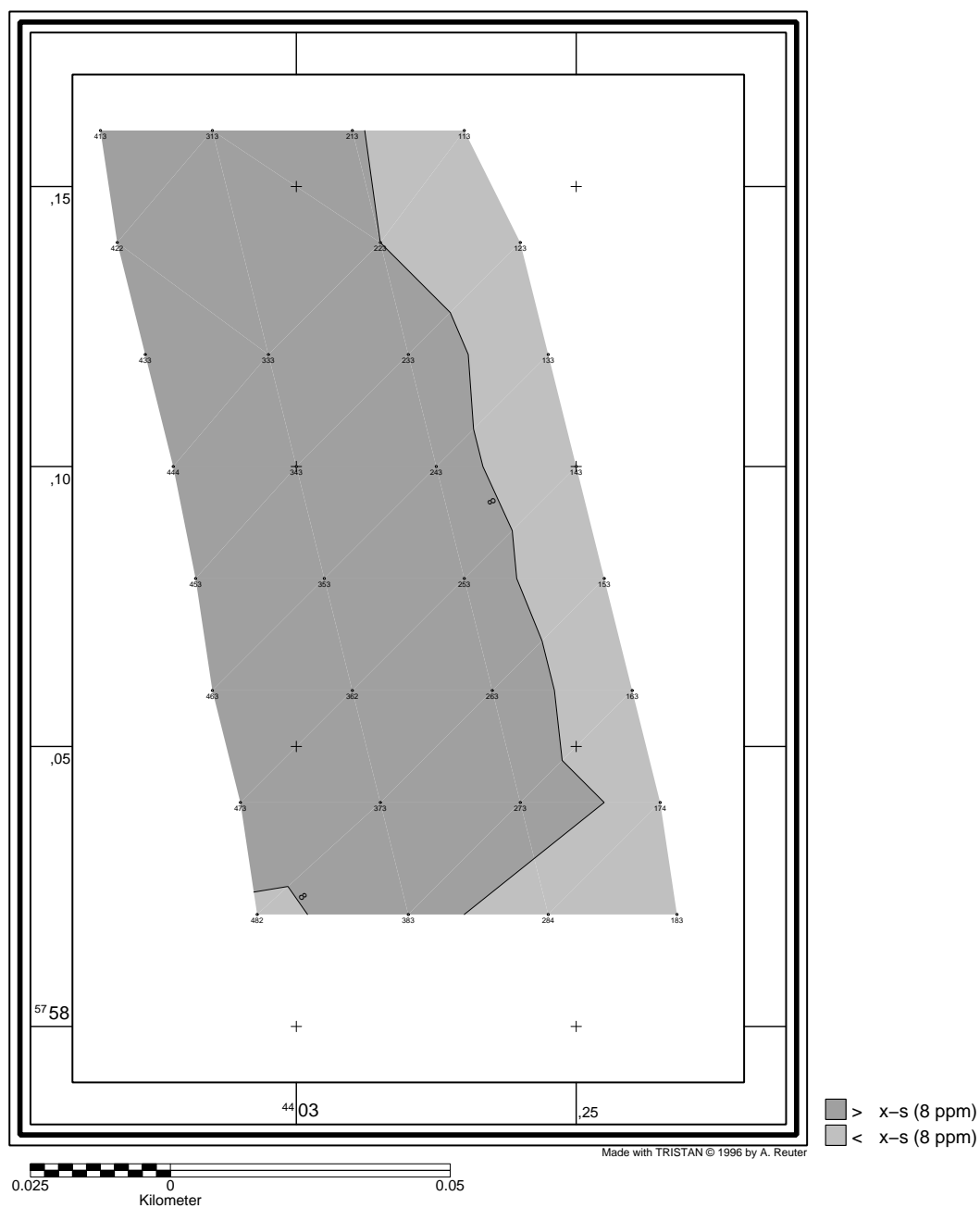
Tafel 81: Vienenburg Acker: pH-Verteilung im A_p-Horizont

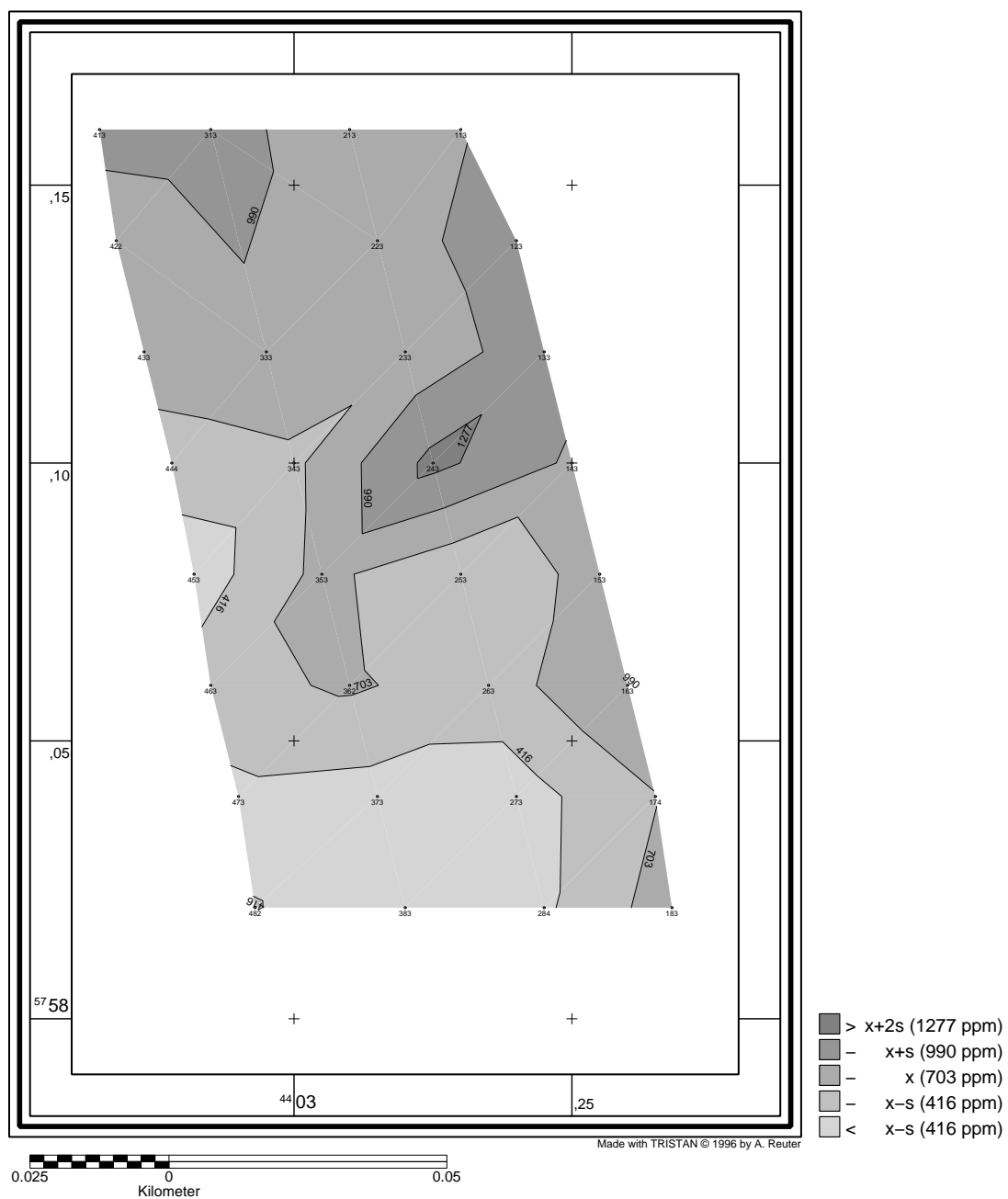
Tafel 82: Vienenburg Acker: Zn-Verteilung im A_p-Horizont

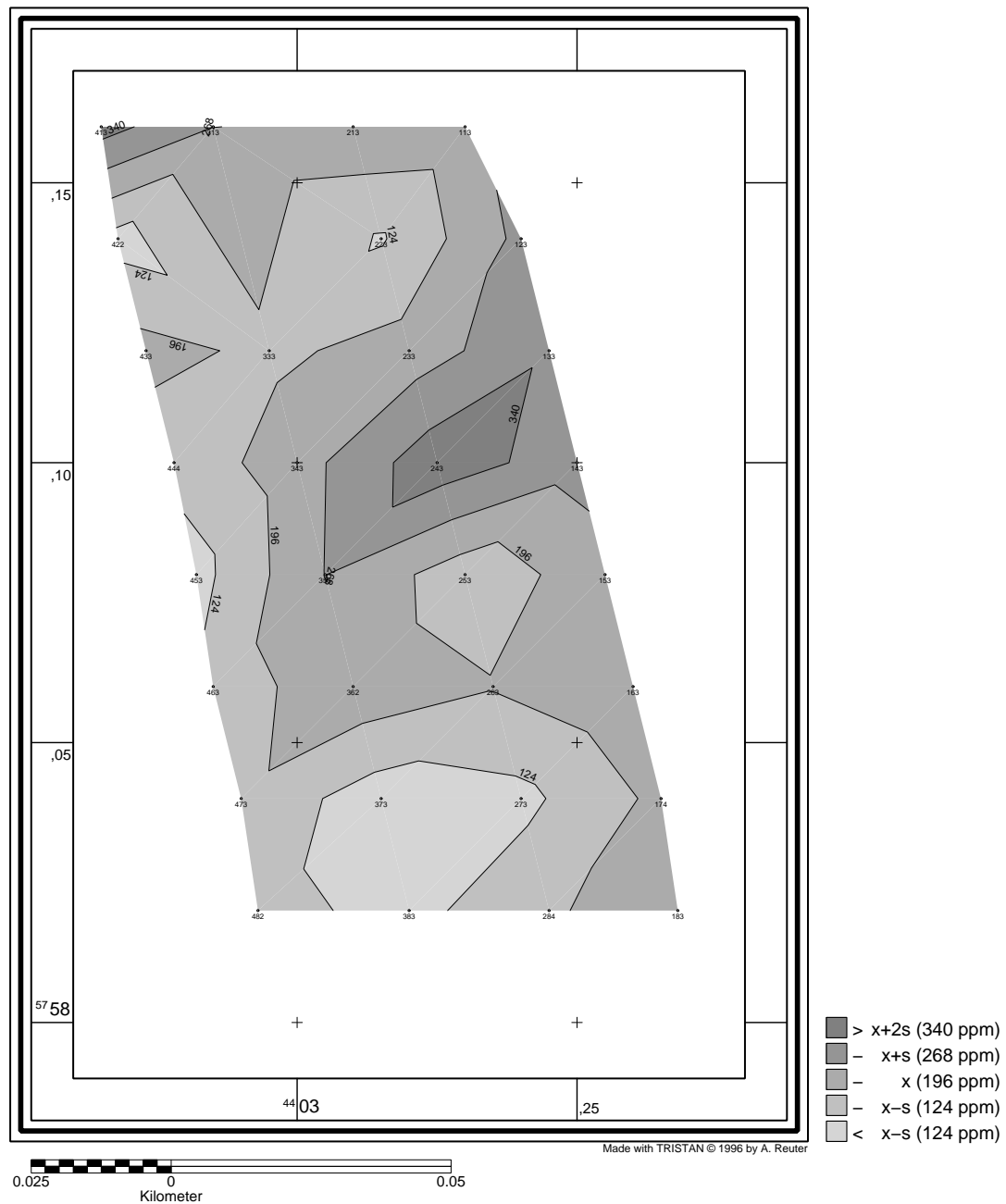
Tafel 83: Vienenburg Acker: Pb-Verteilung im A_p-Horizont

Tafel 84: Vienenburg Acker: Cd-Verteilung im A_p -Horizont

Tafel 85: Vienenburg Acker: Cu-Verteilung im A_p-Horizont

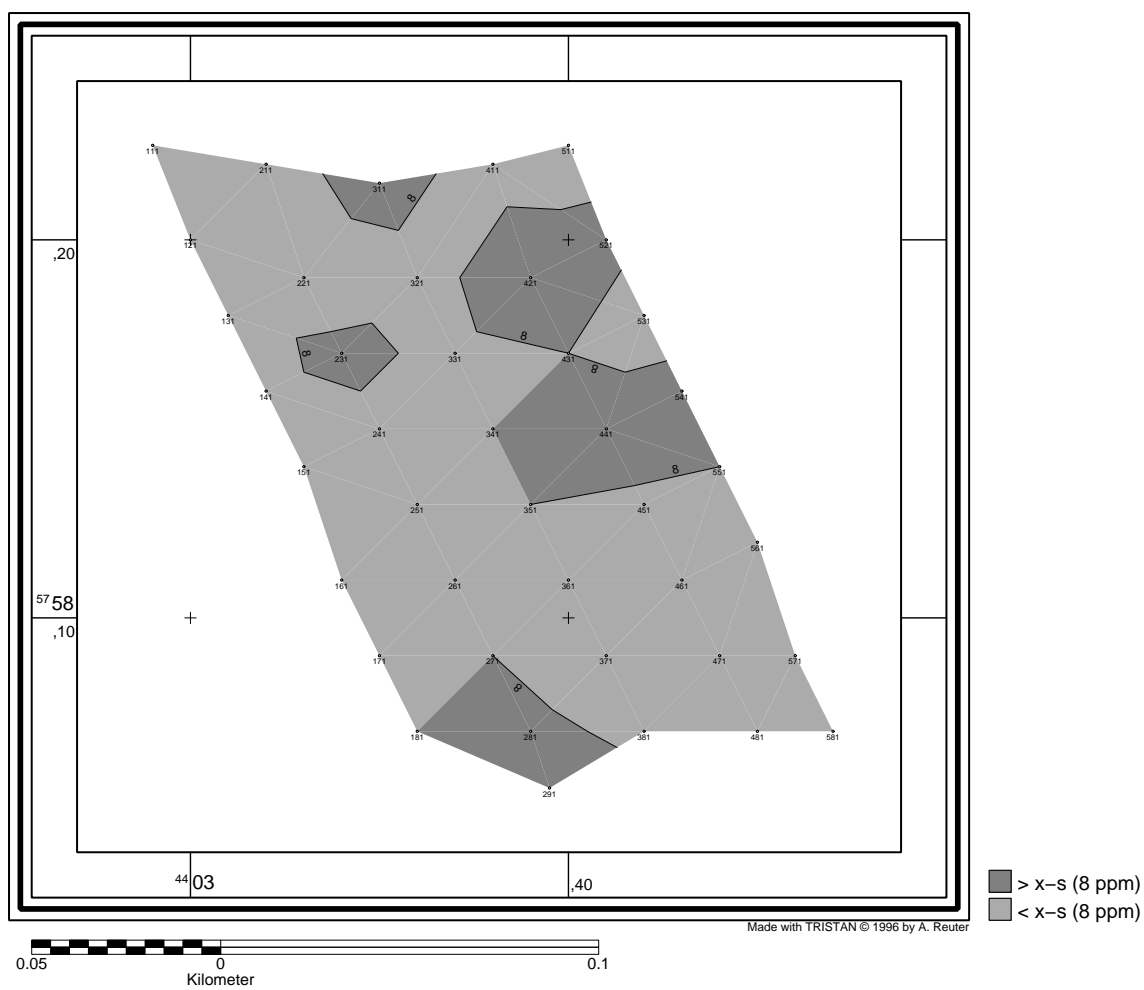
Tafel 86: Vienenburg Acker: pH-Verteilung im G₀-Horizont

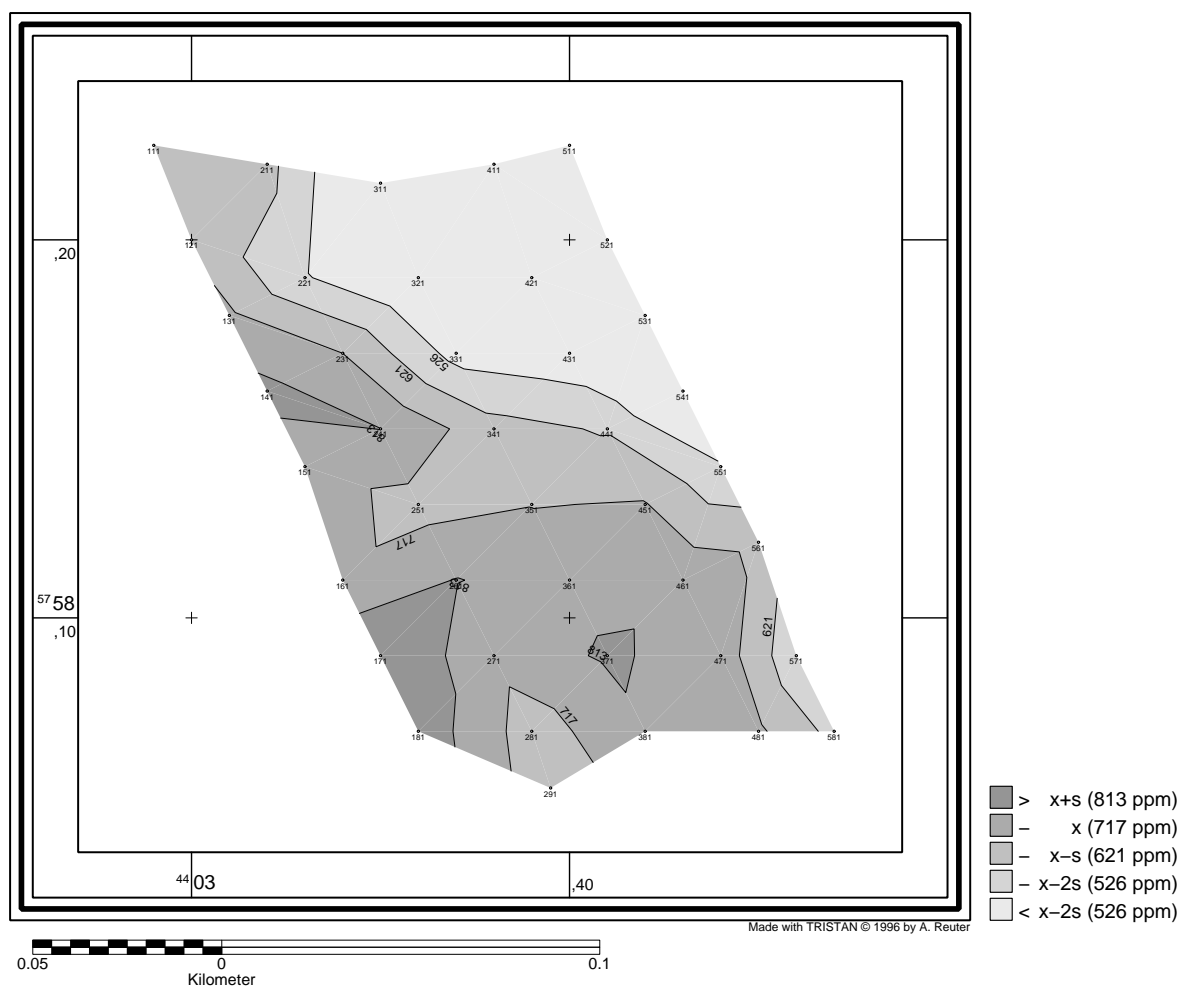
Tafel 87: Vienenburg Acker: Zn-Verteilung im G₀-Horizont

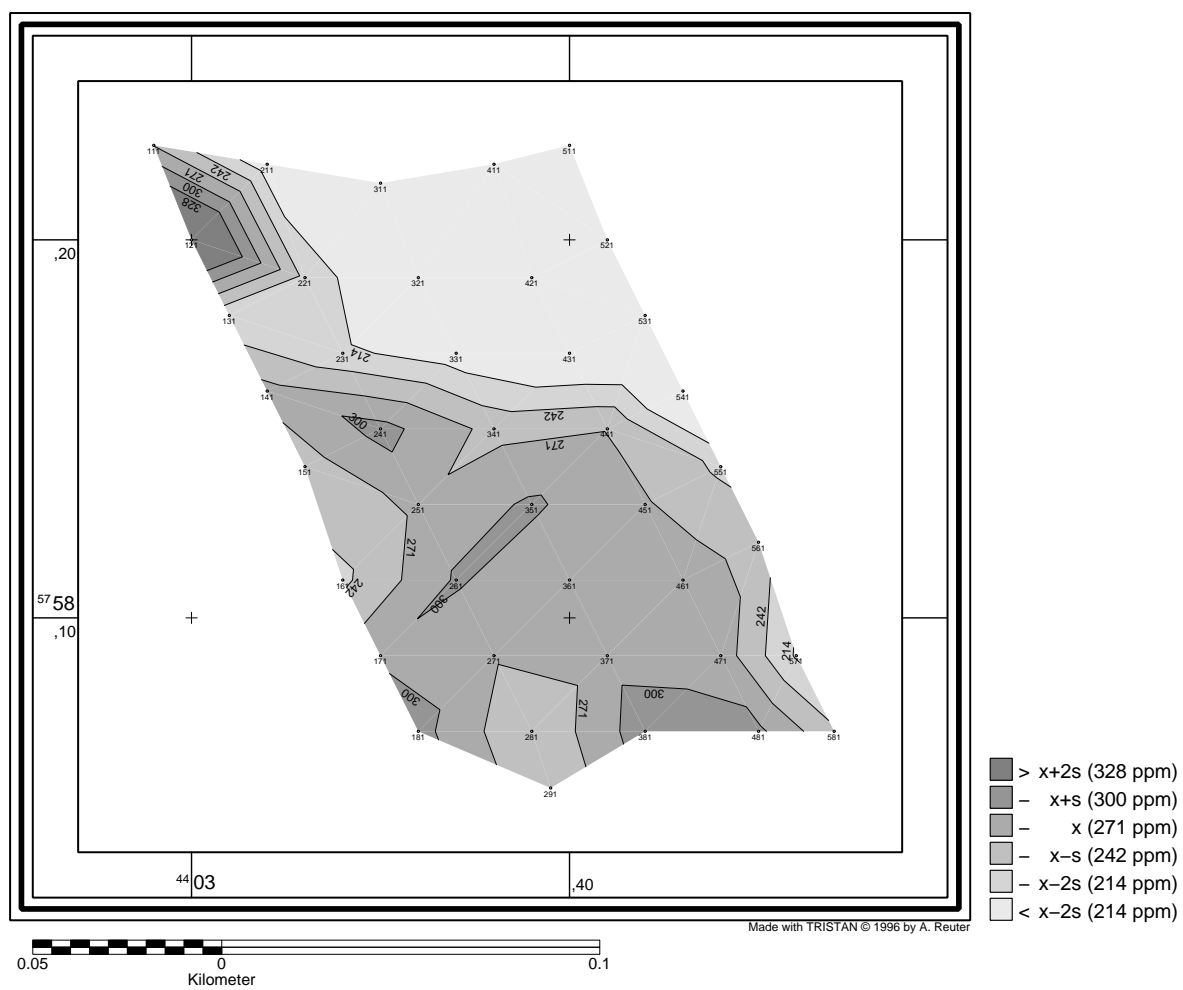
Tafel 88: Vienenburg Acker: Pb-Verteilung im G₀-Horizont

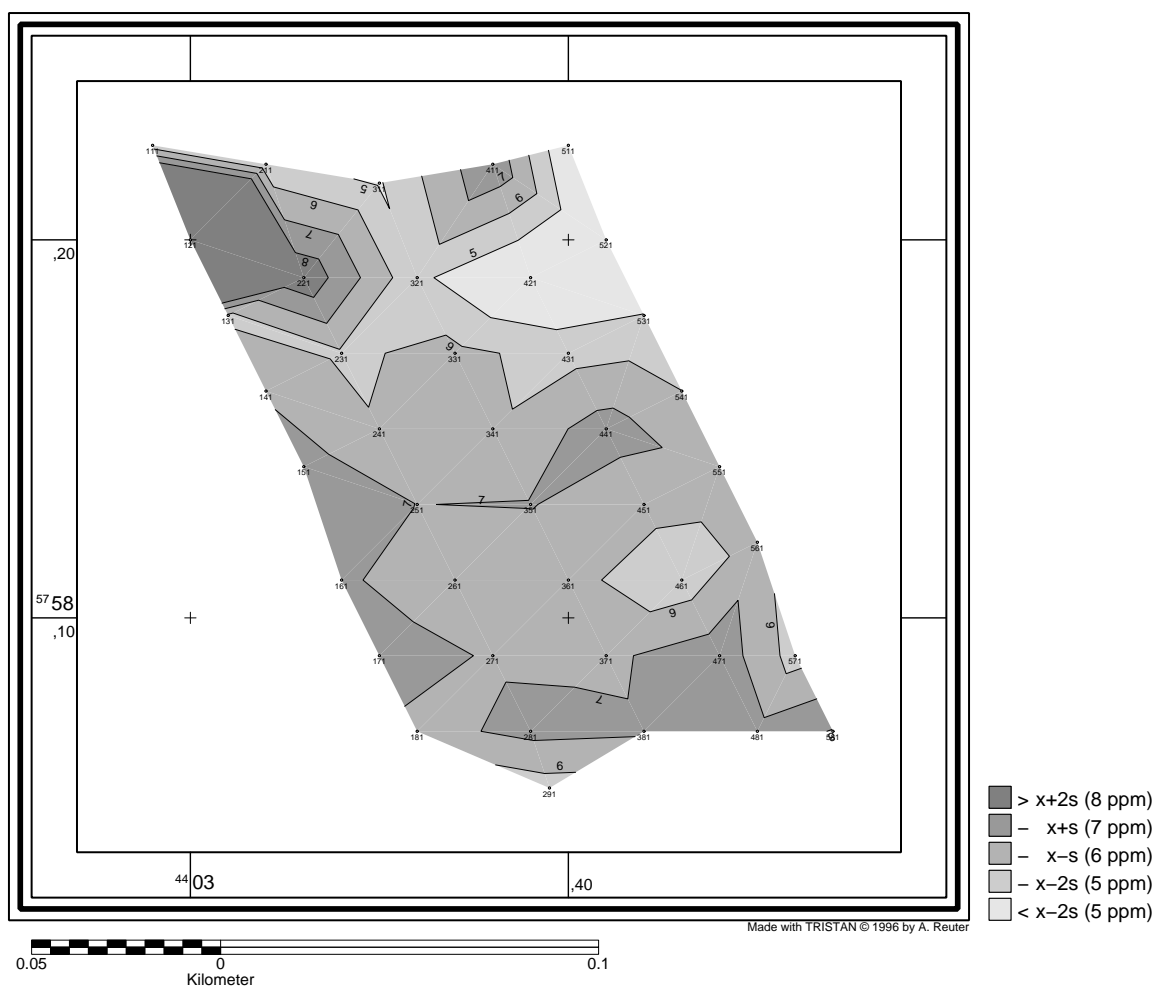
Tafel 89: Vienenburg Acker: Cd-Verteilung im G₀-Horizont

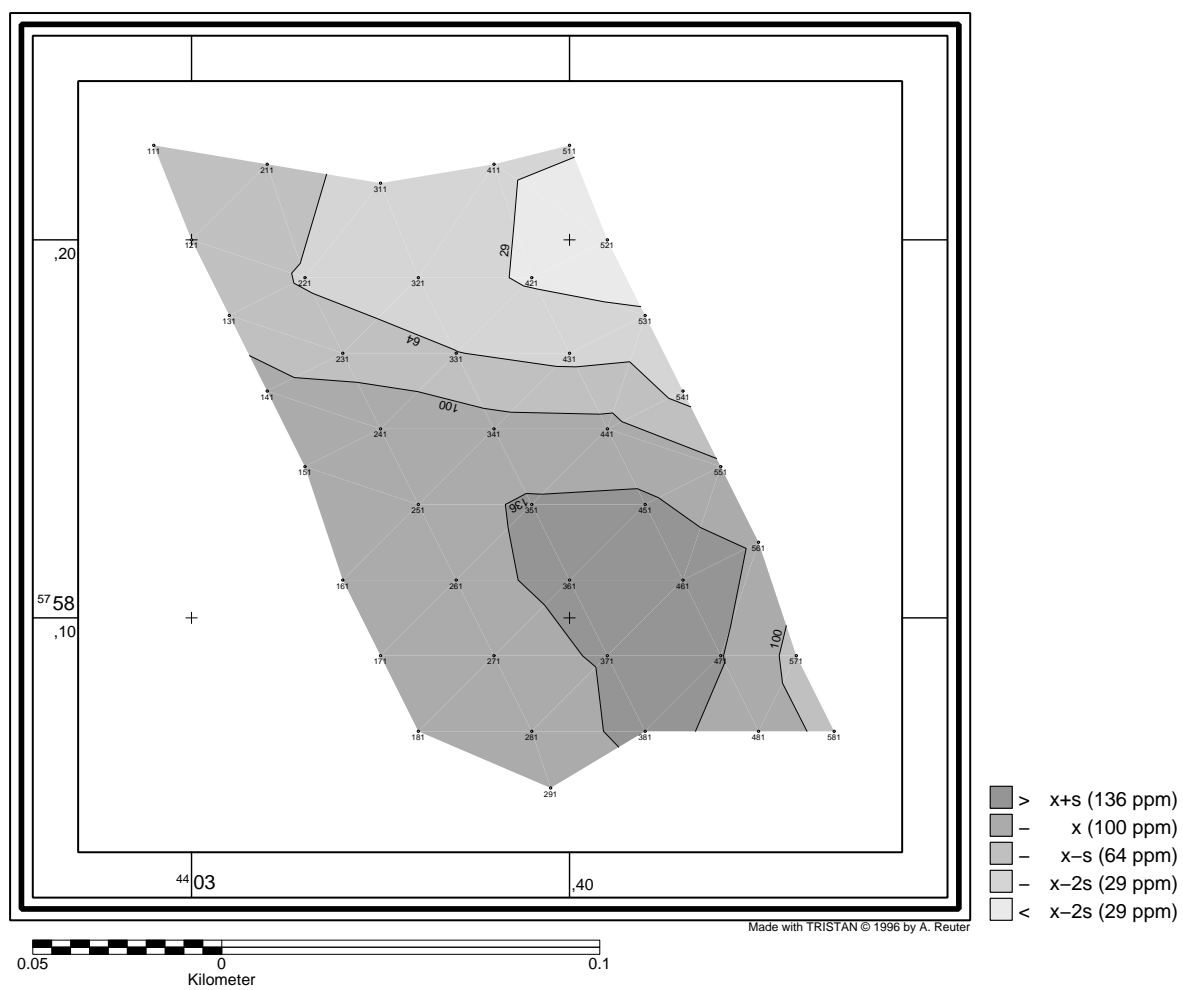
Tafel 90: Vienenburg Acker: Cu-Verteilung im G₀-Horizont

Tafel 91: Vienenburg Grünland: pH-Verteilung im A_p-Horizont

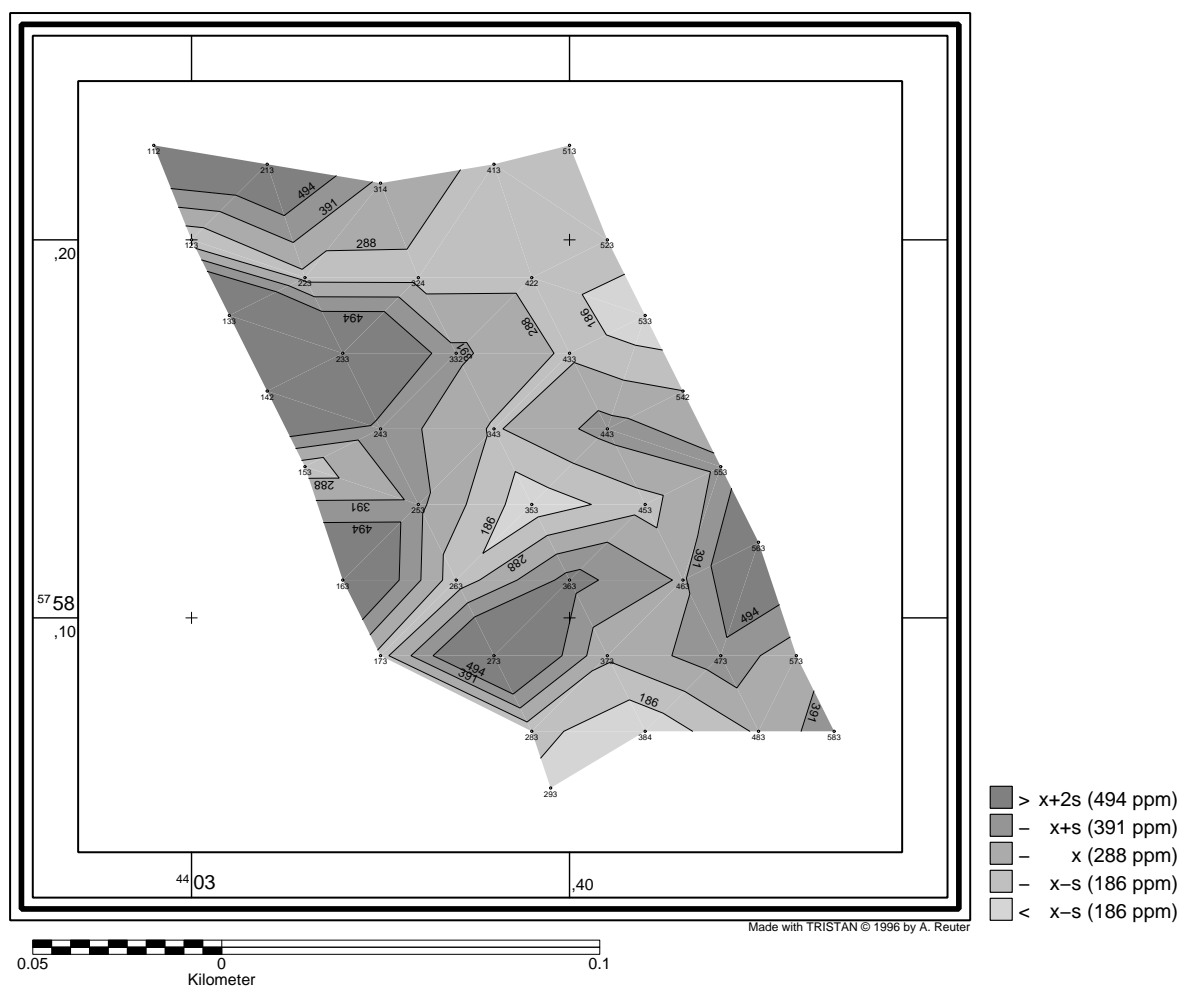
Tafel 92: Vienenburg Grünland: Zn-Verteilung im A_p -Horizont

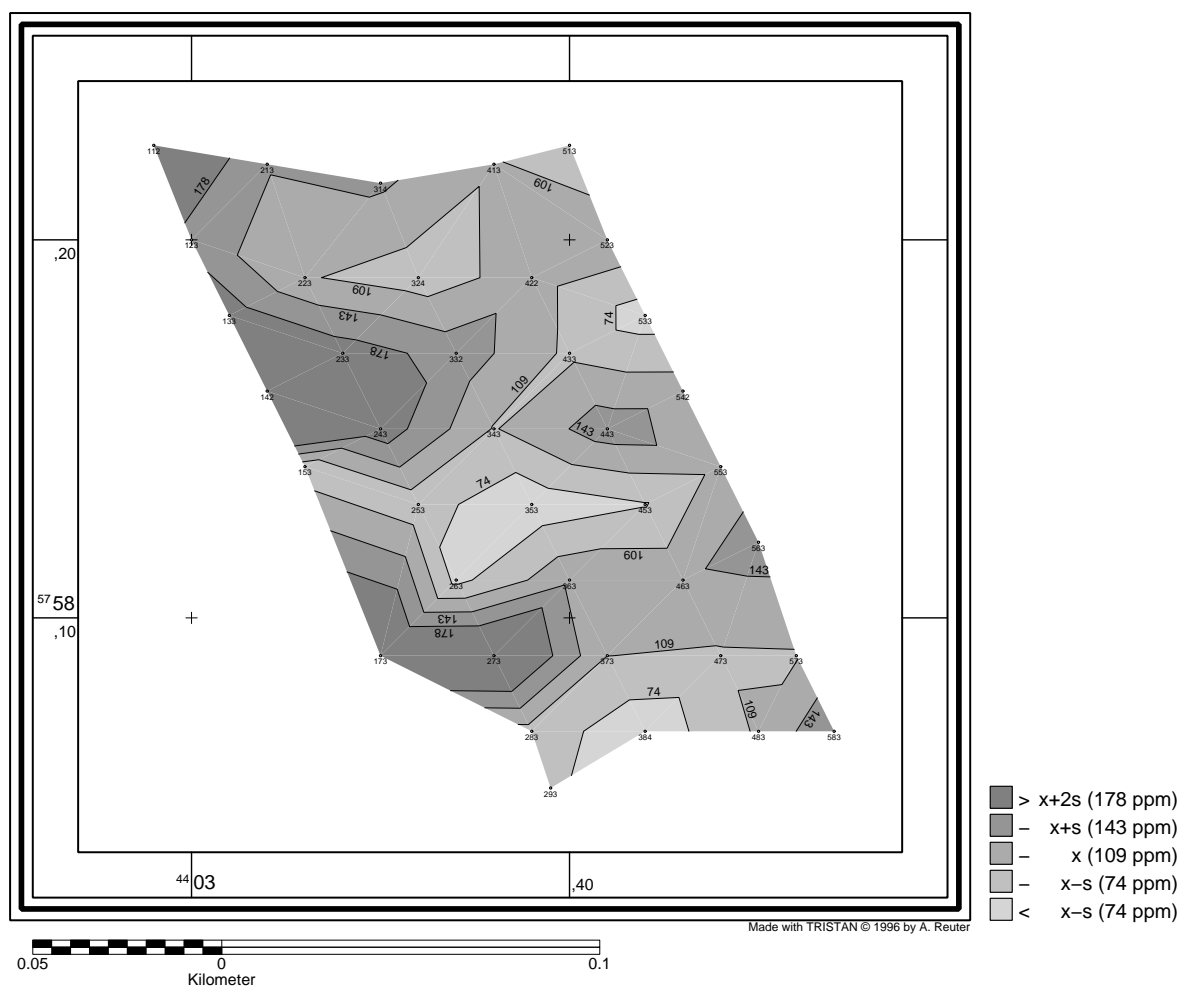
Tafel 93: Vienenburg Grünland: Pb-Verteilung im A_p-Horizont

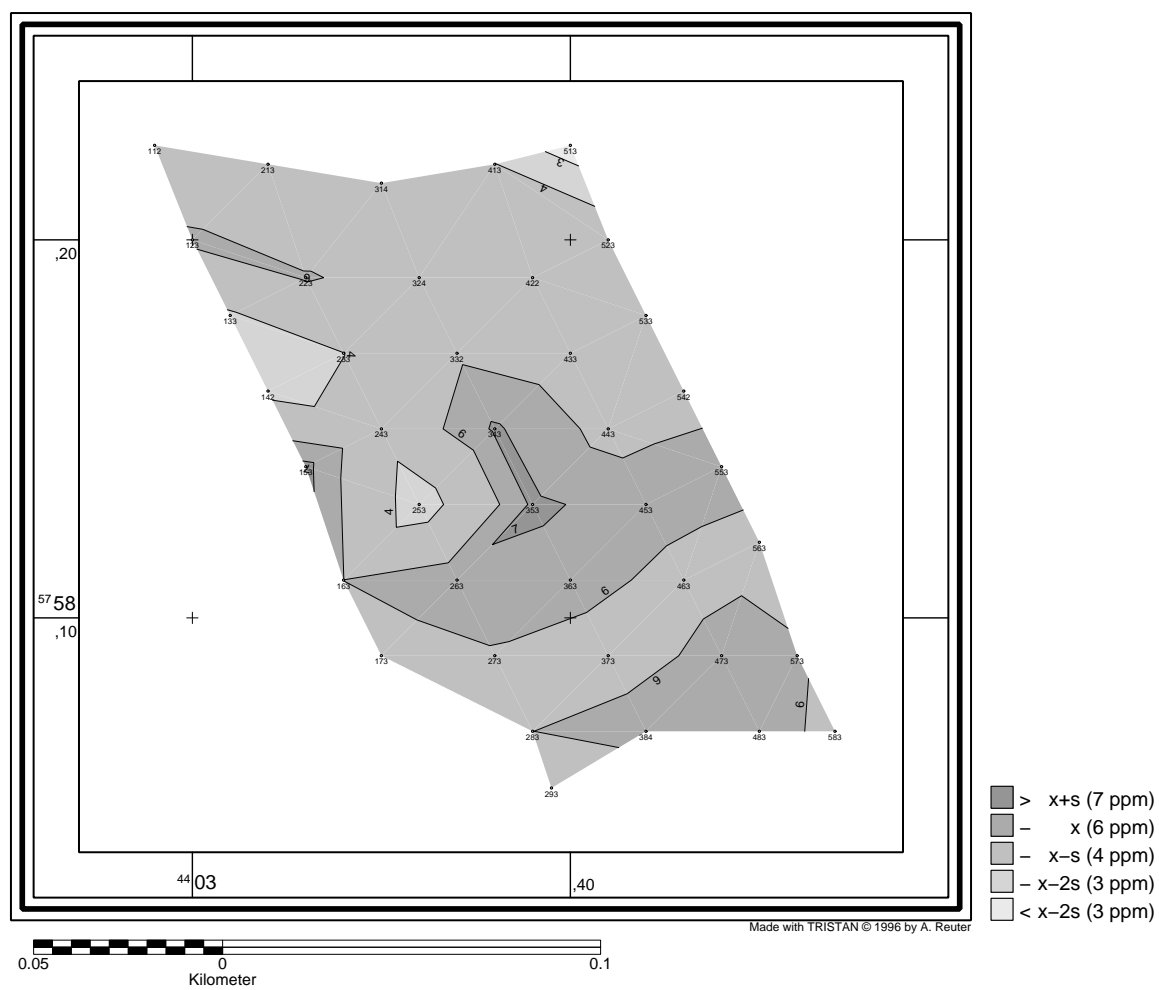
Tafel 94: Vienenburg Grünland: Cd-Verteilung im A_p -Horizont

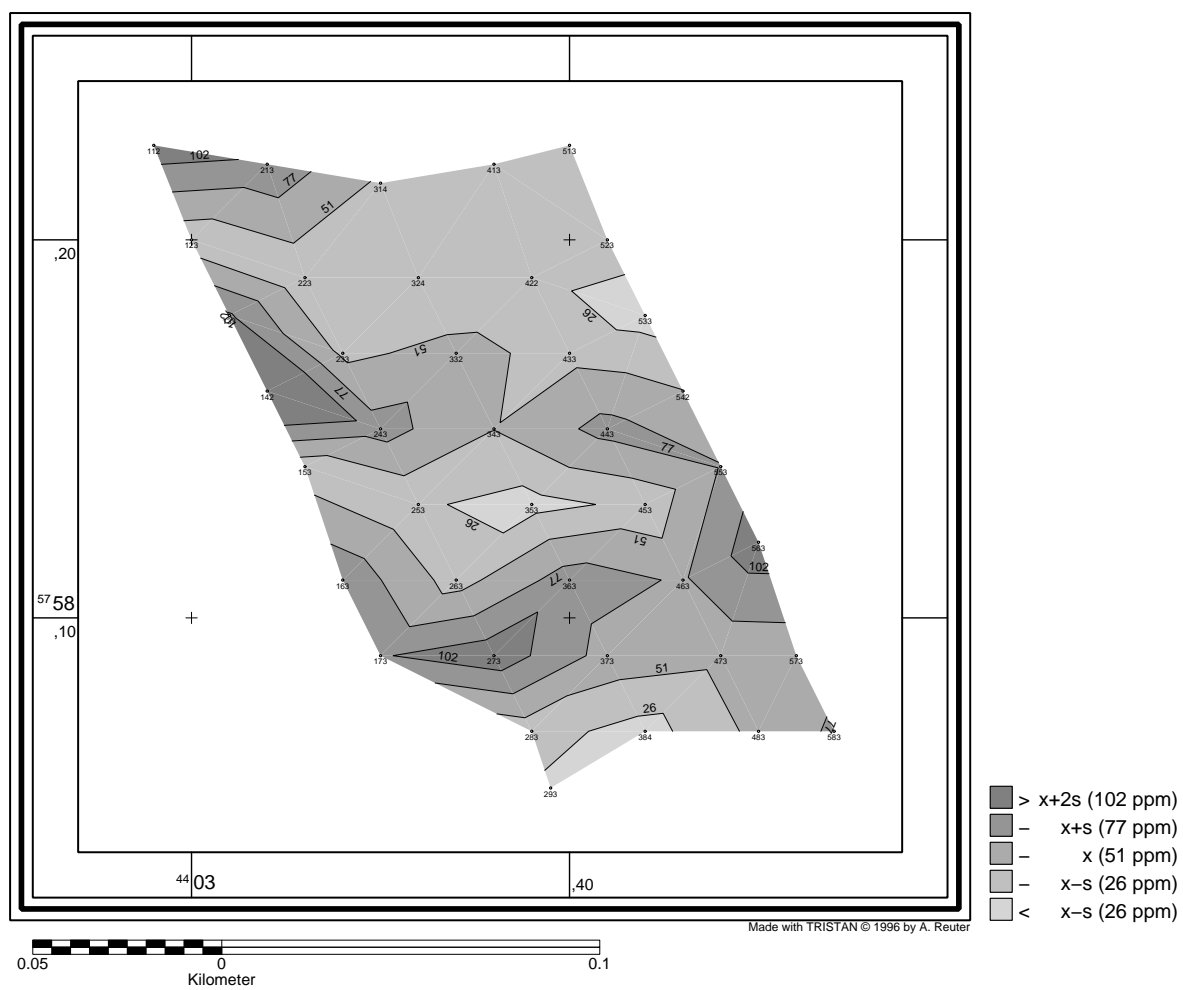
Tafel 95: Vienenburg Grünland: Cu-Verteilung im A_p -Horizont

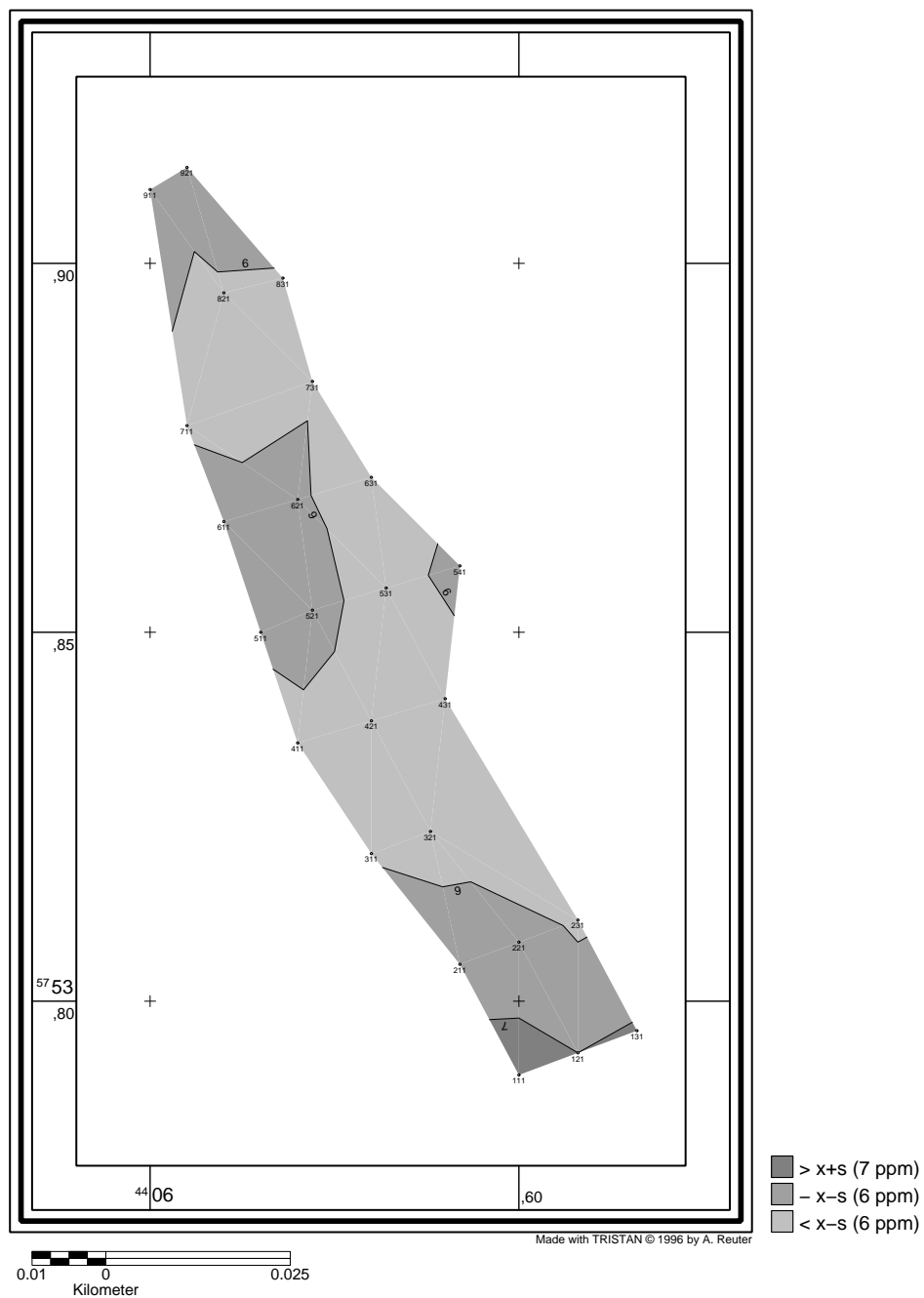
Tafel 96: Vienenburg Grünland: pH-Verteilung im G₀-Horizont

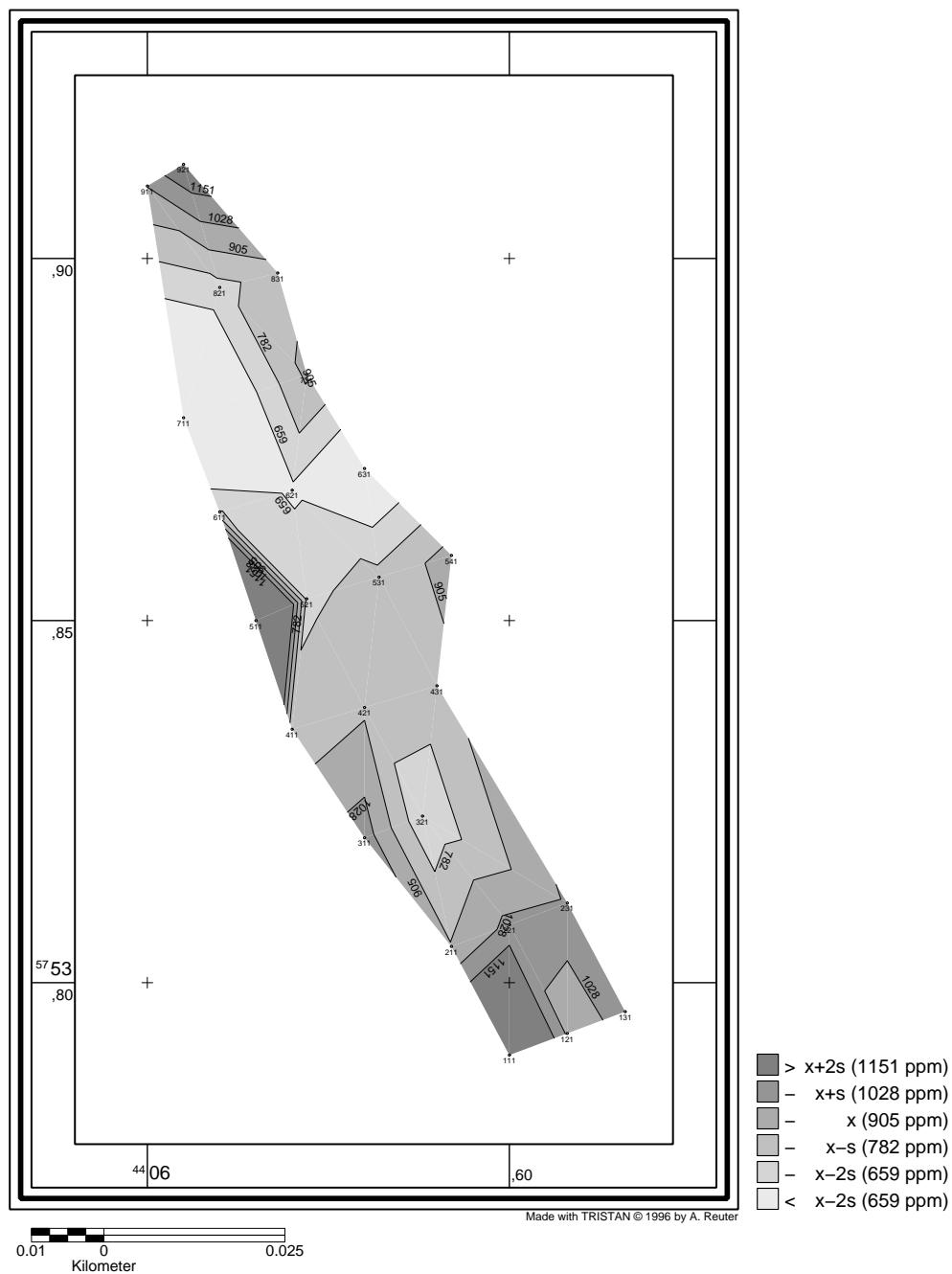
Tafel 97: Vienenburg Grünland: Zn-Verteilung im G₀-Horizont

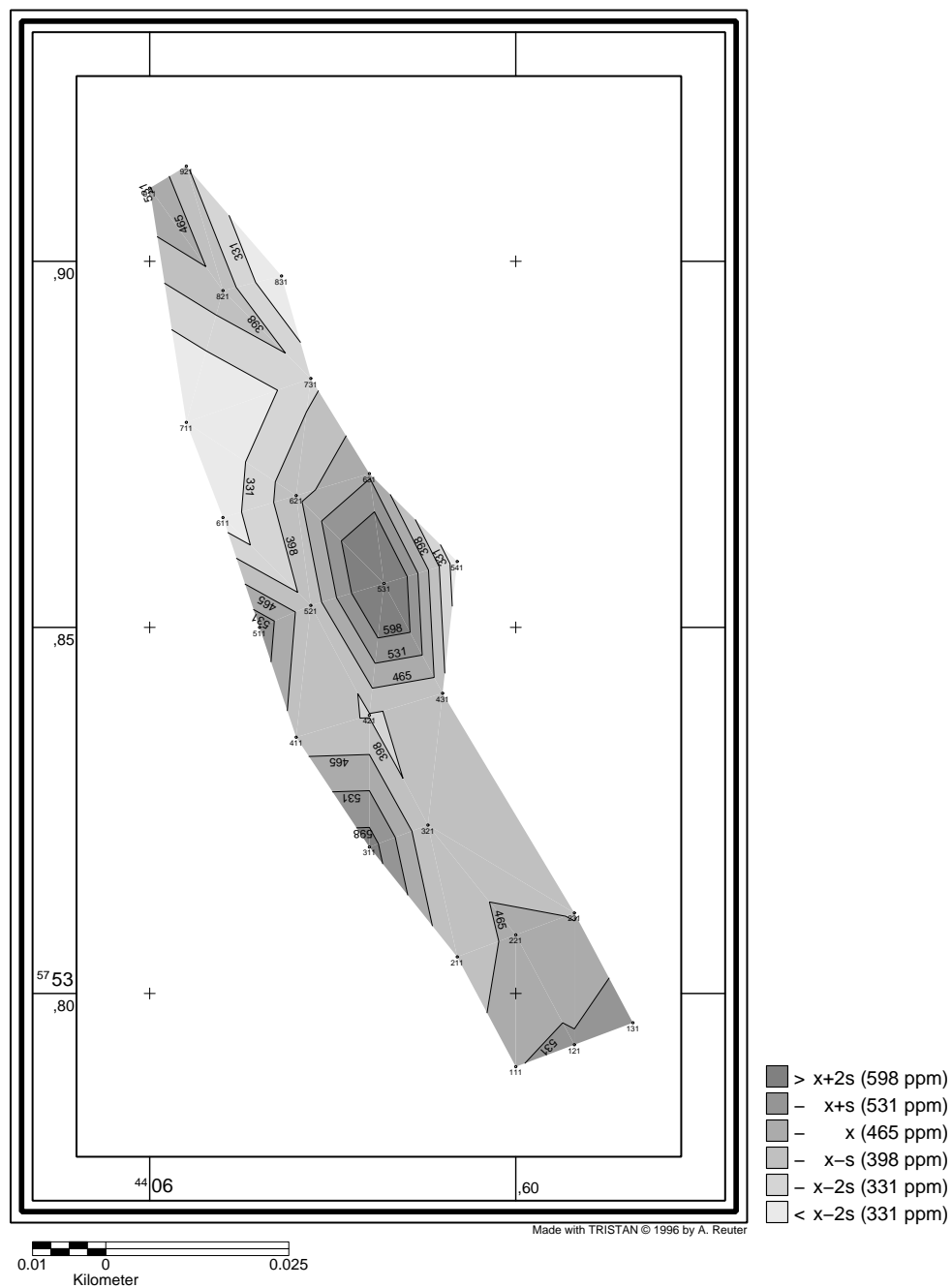
Tafel 98: Vienenburg Grünland: Pb-Verteilung im G₀-Horizont

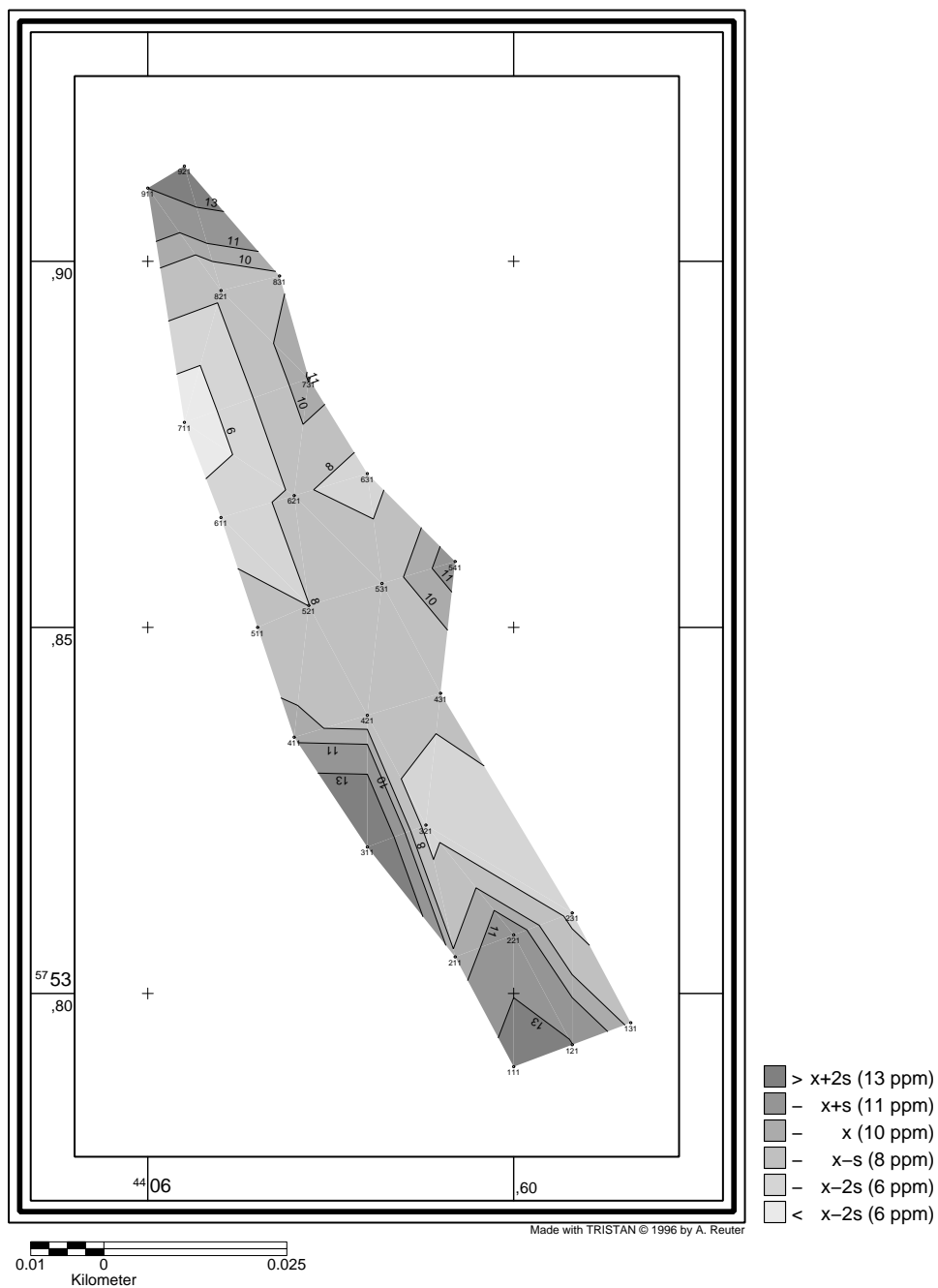
Tafel 99: Vienenburg Grünland: Cd-Verteilung im G₀-Horizont

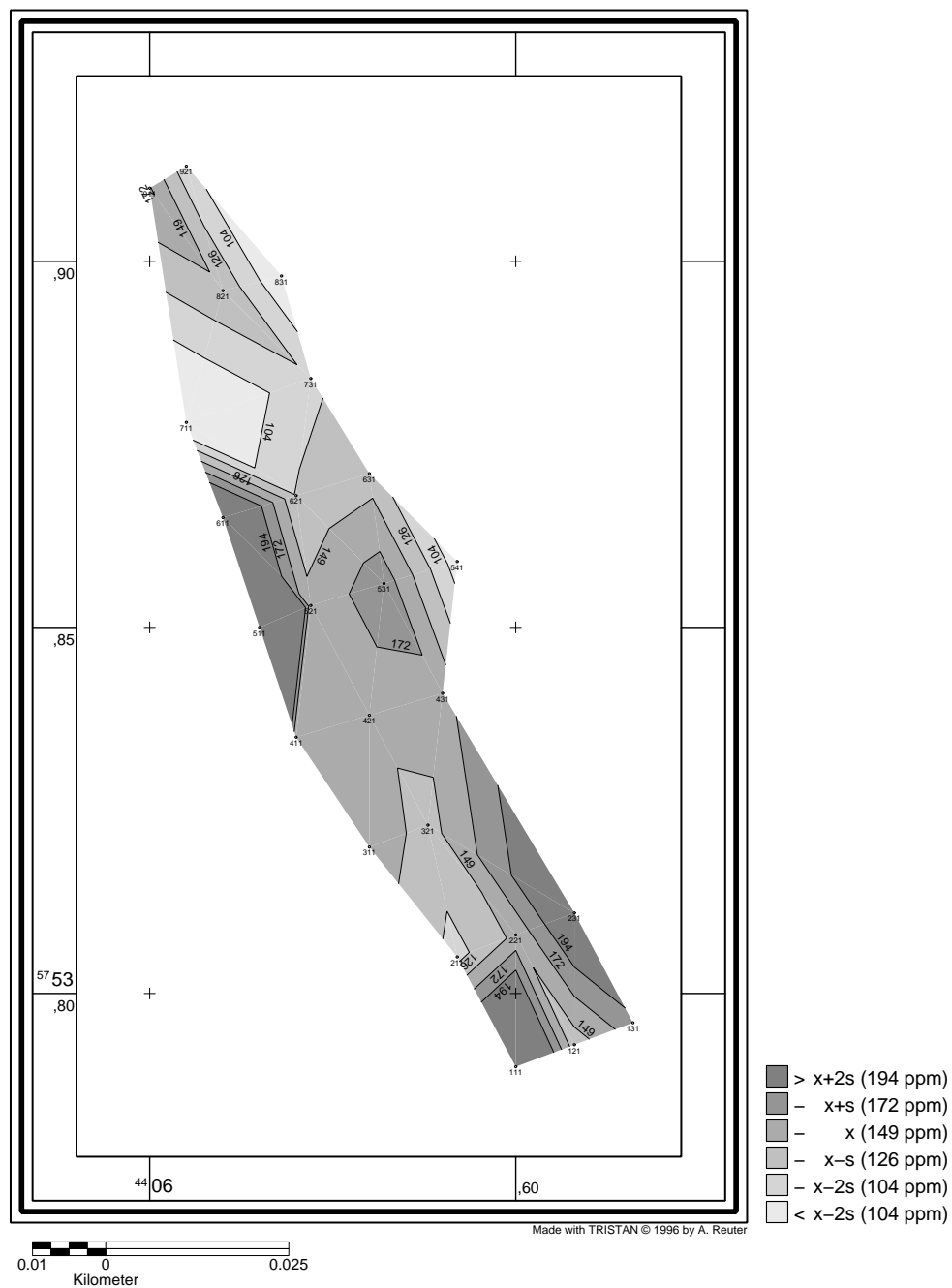
Tafel 100: Vienenburg Grünland: Cu-Verteilung im G₀-Horizont

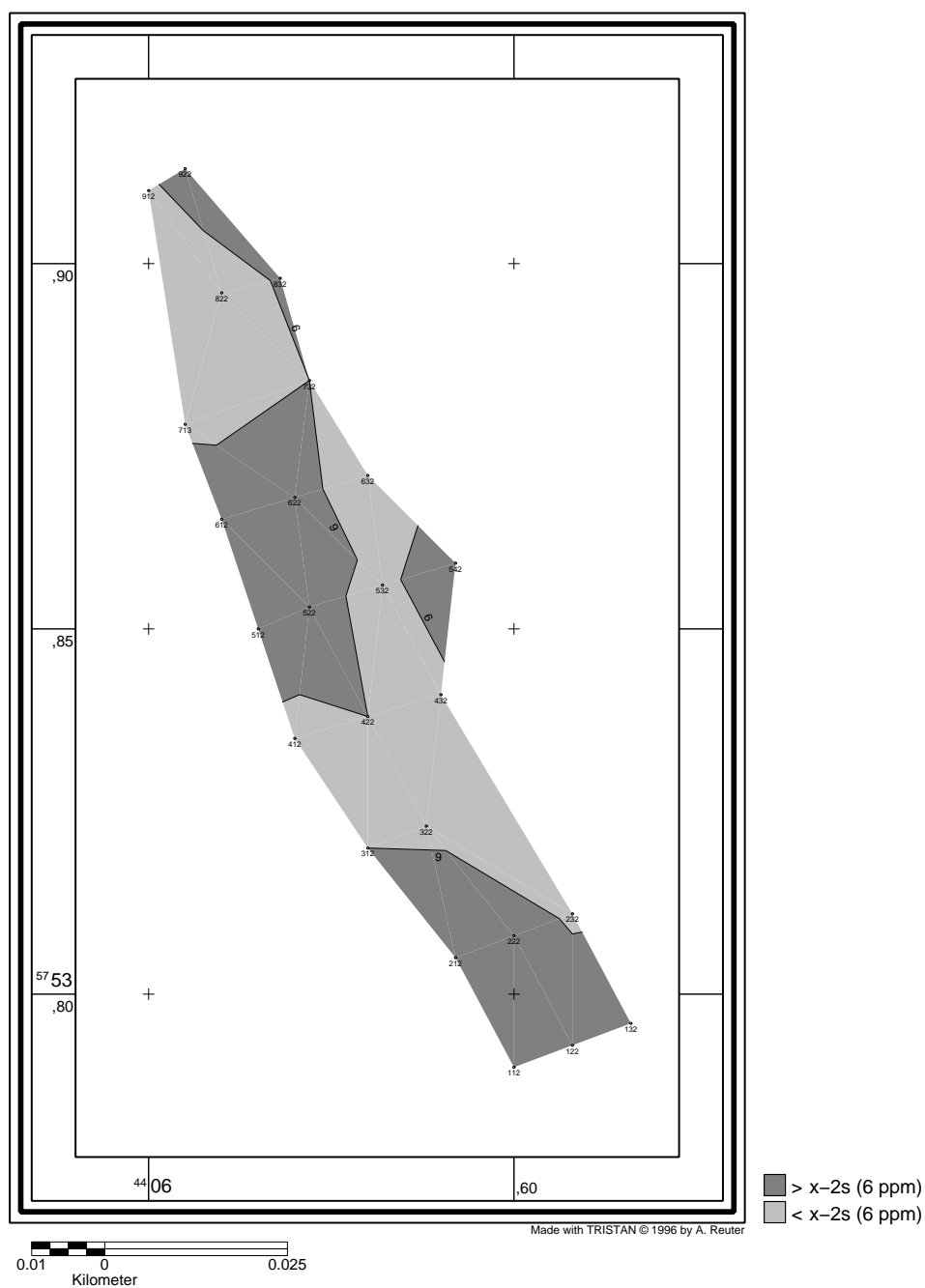
Tafel 101: Vienenburg Wald: pH-Verteilung im A_h-Horizont

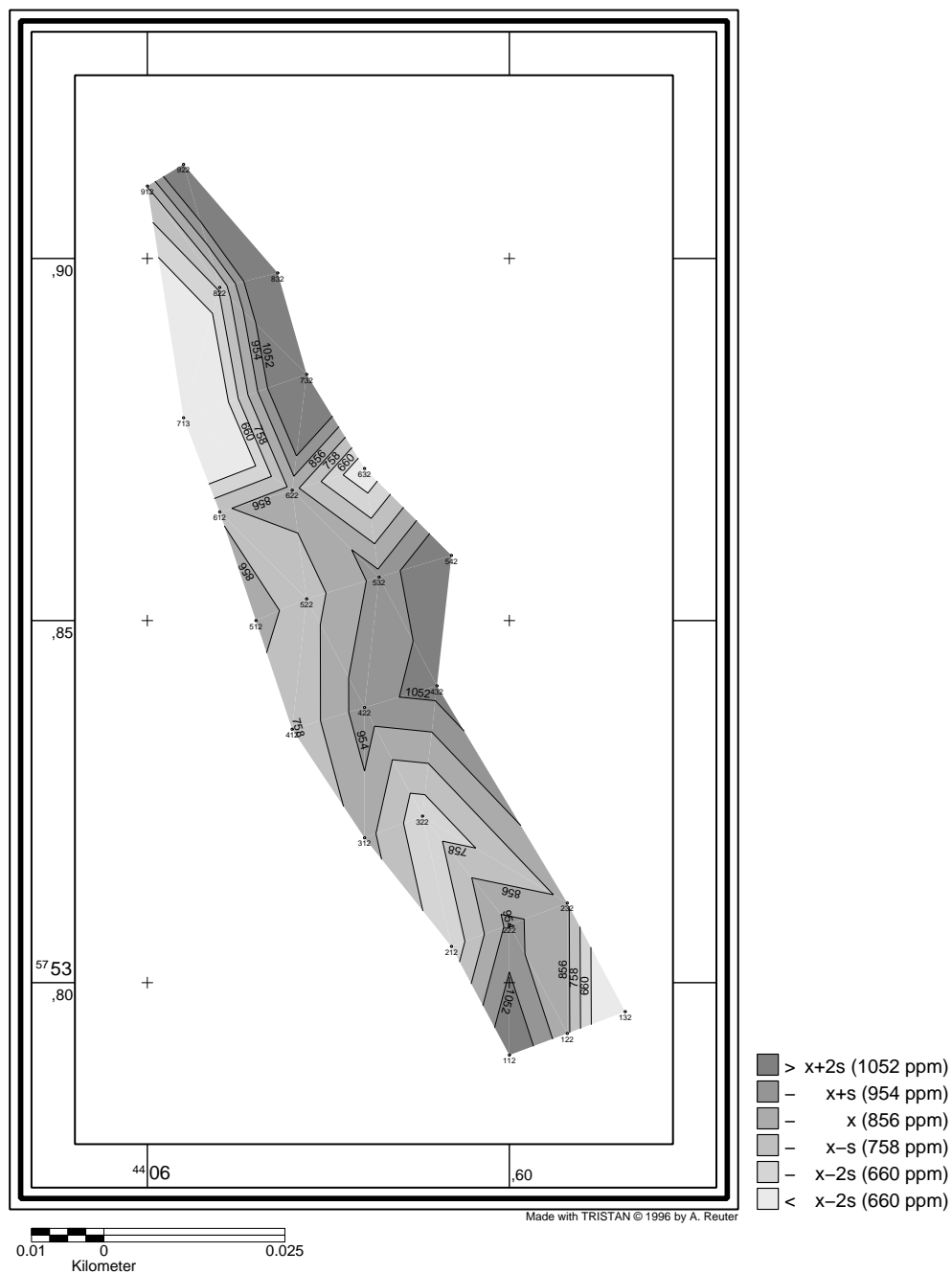
Tafel 102: Vienenburg Wald: Zn-Verteilung im A₁-Horizont

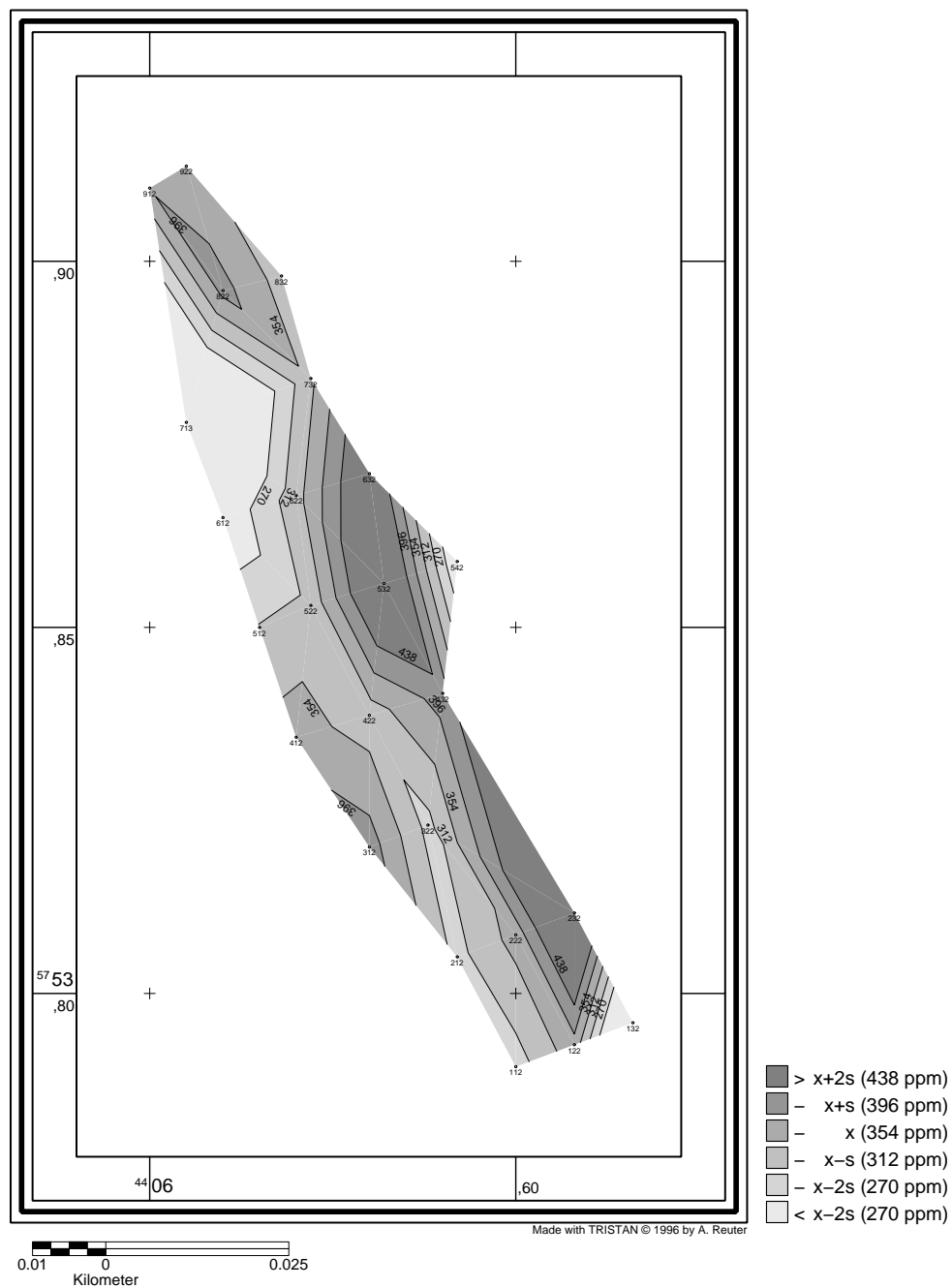
Tafel 103: Vienenburg Wald: Pb-Verteilung im A₁-Horizont

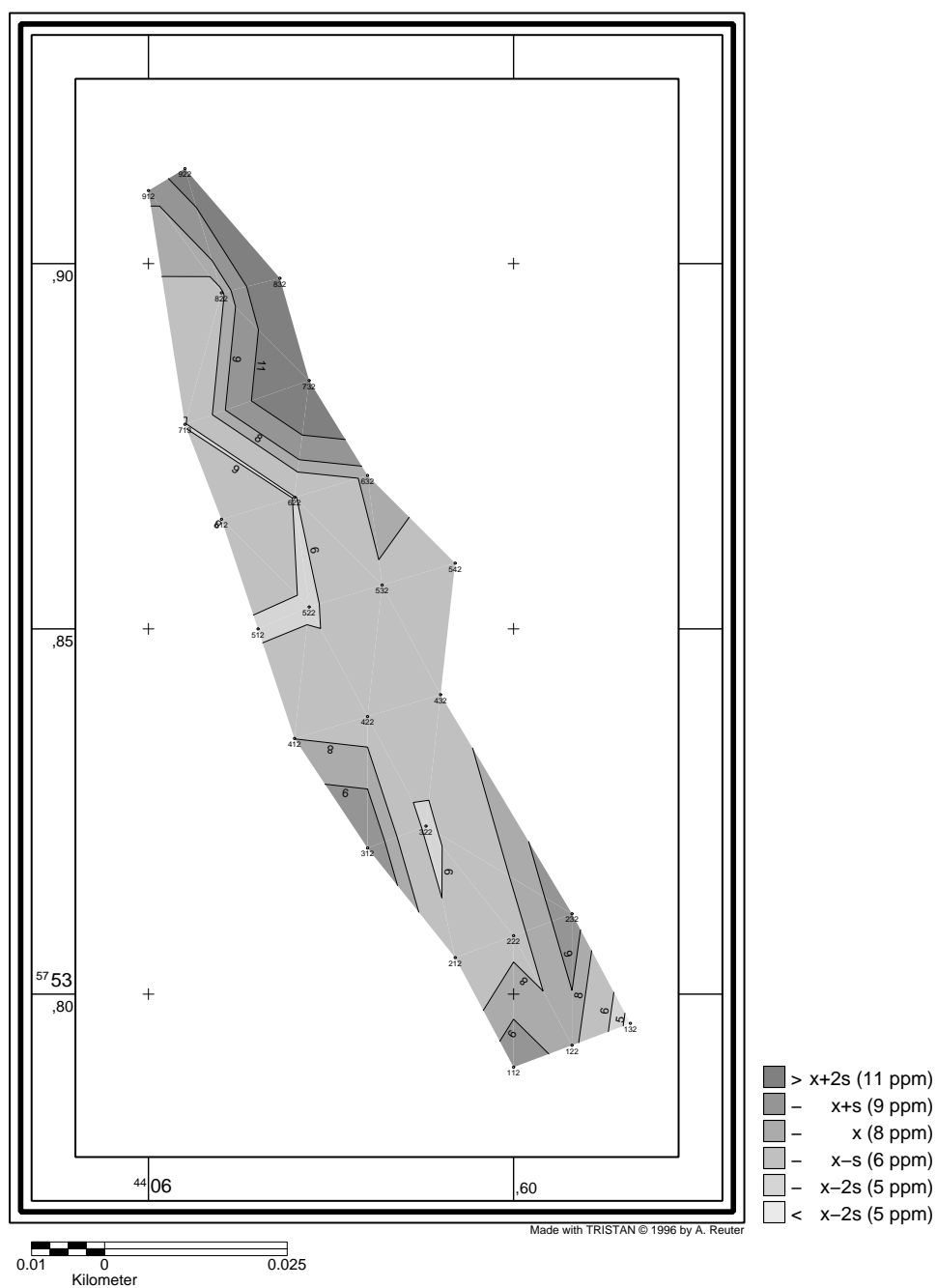
Tafel 104: Vienenburg Wald: Cd-Verteilung im A₁-Horizont

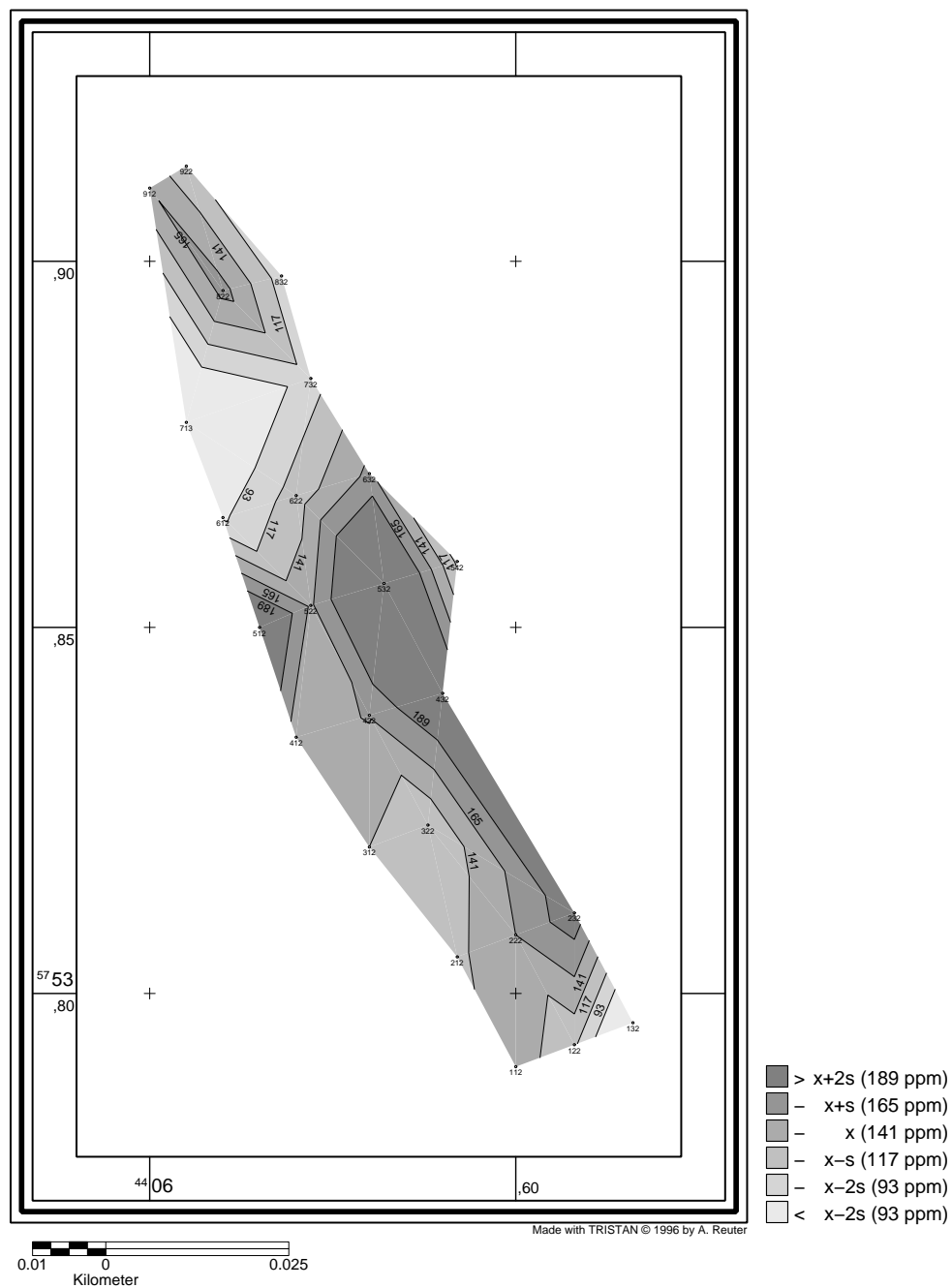
Tafel 105: Vienenburg Wald: Cu-Verteilung im A₁-Horizont

Tafel 106: Vienenburg Wald: pH-Verteilung im G₀-Horizont

Tafel 107: Vienenburg Wald: Zn-Verteilung im G₀-Horizont

Tafel 108: Vienenburg Wald: Pb-Verteilung im G₀-Horizont

Tafel 109: Vienenburg Wald: Cd-Verteilung im G₀-Horizont

Tafel 110: Vienenburg Wald: Cu-Verteilung im G₀-Horizont

D Sequentielle Elution

D.1 Elutionsschritte

Sequentielle Elution I

Bez.	Zn	Pb	Cu	Cd1	Cd2	Ni	Co	V1	V2	Fe	Mg	Ca	Mn	Na	Al	K	Cr
	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]
HA 961	38,929	1,589	15,474	0,058	1,556	0,435	0,312	–	0,000	–	82,201	5391,014	11,219	237,929	20,487	147,094	–
HA 962	47,995	–	15,060	0,380	1,798	–	–	0,062	0,000	21,996	75,574	3312,085	9,600	223,136	17,556	103,449	0,032
HA 963	63,867	0,000	10,403	0,132	2,169	–	–	–	0,000	–	111,563	2503,602	23,856	600,274	8,777	51,350	–
HA 964	24,702	0,000	0,414	0,680	1,044	1,988	0,935	–	0,000	4,736	158,967	1876,258	76,723	606,289	7,423	46,931	0,144
HA 965	2,879	–	0,205	–	0,283	0,479	0,281	–	0,000	–	209,013	2722,521	99,882	522,070	10,721	63,319	–
HW 141	41,448	–	8,592	0,717	1,173	–	0,290	–	0,000	–	56,110	2850,529	14,749	168,680	12,084	214,033	0,000
HW 142	50,569	0,827	9,560	0,715	1,334	0,220	–	–	0,000	–	60,599	2427,294	11,096	242,611	8,275	94,837	0,000
HW 143	42,522	–	7,382	0,000	0,963	–	–	–	0,000	1,567	50,414	2098,200	6,769	259,614	8,032	58,743	–
HW 144	69,899	–	9,614	0,569	1,123	–	–	–	0,000	–	57,661	2433,823	11,711	420,797	10,711	40,504	1,100
HW 146	112,873	–	7,396	0,426	4,120	0,239	2,801	–	0,000	2,902	118,651	2538,689	469,086	749,338	11,909	94,512	0,156
HF 941	432,110	45,237	9,016	4,867	9,769	1,693	0,351	–	0,000	–	133,895	3511,391	143,976	608,951	14,736	66,875	–
HF 942	337,326	0,000	13,698	0,757	6,245	0,123	–	0,123	0,000	–	168,914	5943,972	96,907	841,974	12,693	51,756	–
HF 943	160,286	0,000	9,057	0,305	3,128	1,050	0,210	–	0,000	–	149,035	2420,856	69,480	776,308	8,576	49,380	0,112
HF 944	11,028	1,000	0,223	–	0,321	0,957	0,152	–	0,000	–	148,325	1430,414	115,810	523,871	8,170	58,982	–
HF 945	5,417	2,523	0,116	0,718	–	1,426	0,390	–	0,000	–	200,207	2070,081	143,362	889,479	10,865	99,059	0,000

Sequentielle Elution II

Bez.	Zn	Pb	Cu	Cd1	Cd2	Ni	Co	V1	V2	Fe	Mg	Ca	Mn	Na	Al	K	Cr
	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]
HA 961	292,031	810,580	64,798	–	4,017	0,351	0,169	0,000	0,236	10,828	31,060	2395,854	69,162	633,122*	18,161	21,211	0,310
HA 962	298,362	558,609	79,499	–	3,564	0,235	0,516	0,000	0,058	16,481	21,906	1285,332	41,559	872,676*	14,751	13,799	0,155
HA 963	302,725	196,125	66,603	0,248	3,725	0,056	0,172	0,000	–	10,596	18,332	736,769	85,347	822,052*	12,982	18,447	0,000
HA 964	60,978	3,743	4,802	–	0,365	1,561	0,676	0,000	–	52,025	20,390	358,299	41,478	600,035*	64,967	0,470	0,311
HA 965	12,431	1,447	2,932	–	0,244	0,116	0,511	0,000	–	3,430	27,222	481,827	68,103	694,632*	44,550	21,468	0,155
HW 141	329,120	570,005	47,970	–	3,637	1,651	0,169	0,296	0,302	9,697	31,913	2328,204	98,197	525,723*	15,952	18,729	0,218
HW 142	302,112	480,407	55,391	–	2,941	0,882	–	0,295	0,301	7,488	16,921	924,232	62,666	518,546*	13,666	2,798	0,232
HW 143	311,057	366,026	59,275	–	3,110	0,703	0,169	0,295	0,301	12,085	21,978	1004,339	56,702	511,624*	17,238	1,474	0,246
HW 144	390,479	360,212	57,335	–	3,105	1,505	0,000	–	0,000	17,814	28,791	856,540	78,223	502,537*	18,898	–	0,111
HW 146	287,250	498,970	41,977	–	2,929	1,325	8,846	0,295	0,300	165,060	16,176	636,942	265,963	495,975*	39,910	3,192	0,588
HF 941	661,827	818,543	58,913	3,156	8,179	6,609	2,048	0,299	0,149	30,989	28,210	1699,822	236,677	731,115*	50,403	24,112	0,465
HF 942	906,726	576,539	93,179	3,805	8,697	3,826	0,513	0,299	–	23,769	33,937	1496,518	270,386	770,510*	24,592	21,799	0,155
HF 943	379,667	611,646	58,795	0,442	2,991	1,715	0,340	0,000	–	22,000	22,999	804,204	131,149	662,452*	22,089	15,199	0,155
HF 944	29,640	–	3,330	0,432	0,174	1,814	0,168	0,000	0,303	24,429	29,962	392,128	79,406	543,058*	42,734	0,184	0,340
HF 945	25,570	2,186	4,781	–	0,173	1,440	0,337	0,000	0,302	34,588	26,210	368,700	93,474	533,034*	51,134	3,191	0,359

Sequentielle Elution III

Bez.	Zn	Pb	Cu	Cd1	Cd2	Ni	Co	V1	V2	Fe	Mg	Ca	Mn	Na	Al	K	Cr
	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]
HA 961	403,862	17,954	10,467	–	1,099	–	6,865	0,313	4,994	1087,825	19,244	358,482	463,059	–*	26,943	–	–
HA 962	763,861	5,414	29,318	–	2,603	–	10,125	1,509	2,055	1374,091	25,019	386,097	456,843	–*	32,091	–	–
HA 963	342,542	1,834	19,892	–	2,419	–	16,785	1,116	0,682	1116,786	2,691	136,328	1219,897	–*	17,221	–	–
HA 964	29,923	16,532	0,000	–	0,081	0,473	3,435	0,157	1,616	587,462	–	47,181	127,618	–*	33,564	–	–
HA 965	3,996	–	0,000	–	0,324	–	8,333	0,634	2,913	198,618	2,748	46,578	303,200	–*	40,161	–	–
HW 141	1194,493	259,689	73,893	–	–	0,965	9,681	6,192	8,788	1946,229	60,534	673,443	812,358	–*	252,951	48,039	0,000
HW 142	1113,347	269,273	83,524	0,001	–	1,942	10,304	2,726	5,261	1884,582	67,837	462,075	787,445	–*	204,713	21,085	0,000
HW 143	1229,589	424,501	113,154	–	–	–	11,822	2,901	5,249	2459,131	44,627	454,647	916,270	–*	316,558	11,249	–
HW 144	1074,824	356,703	93,366	–	–	0,979	16,028	4,881	1,746	2500,420	215,196	691,305	1059,048	–*	199,479	6,302	–
HW 146	288,181	19,856	15,592	–	–	–	–	3,245	3,484	2321,307	7,591	205,927	107,459	–*	121,599	8,505	–
HF 941	330,958	–	1,047	1,018	2,272	–	9,950	–	0,985	511,168	9,726	369,920	1083,201	–*	42,311	–	–
HF 942	751,547	15,750	6,281	–	3,274	2,735	34,836	0,961	0,833	1859,991	7,265	342,196	4155,263	–*	19,936	–	–
HF 943	306,401	–	4,234	–	0,241	–	18,355	0,471	1,310	1303,932	4,174	137,266	1524,416	–*	10,488	–	–
HF 944	28,697	3,196	3,351	–	–	–	3,953	0,363	1,766	823,936	21,828	71,018	304,878	–*	263,008	10,827	0,000
HF 945	21,569	4,846	4,510	–	–	82,911	5,469	–	1,762	1455,852	15,436	155,931	420,309	–*	276,612	15,511	–

Sequentielle Elution IV

Bez.	Zn	Pb	Cu	Cd1	Cd2	Ni	Co	V1	V2	Fe	Mg	Ca	Mn	Na	Al	K	Cr
	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]
HA 961	1122,203	2443,182	330,530	–	4,305	58,442	23,787	45,520	34,442	19173,341	410,731	228,415	202,437	2220,169	1955,546	171,454	43,803
HA 962	1348,196	2449,207	335,366	–	7,017	30,555	13,079	21,367	23,126	22317,548	413,100	180,255	201,707	1926,234	1835,834	73,986	21,326
HA 963	1244,810	1292,742	246,574	–	8,979	41,772	21,016	14,235	26,628	25733,829	293,370	155,702	409,940	2112,166	1753,333	12,331	15,875
HA 964	189,486	181,538	18,756	–	3,024	64,706	14,927	60,847	42,983	21675,348	492,567	84,723	76,006	1337,503	2329,208	60,721	38,071
HA 965	52,512	92,650	15,369	–	6,719	60,999	25,164	32,027	28,389	6255,894	328,772	50,700	95,146	1712,637	1678,902	78,994	25,221
HW 141	1048,053	1985,771	205,409	–	10,607	60,426	17,014	62,537	50,470	20631,235	536,138	238,800	280,859	1912,997	1433,828	1288,307	24,733
HW 142	1065,676	2247,440	235,019	0,978	7,748	41,183	9,888	36,399	27,101	7836,850	357,972	188,452	239,194	1902,447	1538,623	1466,544	13,560
HW 143	773,453	1225,329	144,860	–	5,779	39,733	9,202	22,072	13,243	7781,094	263,449	92,401	185,634	1247,094	971,775	1218,652	1,104
HW 144	727,297	1486,153	111,337	–	10,200	51,345	25,451	46,442	30,144	7661,909	347,832	100,749	156,454	1531,720	1048,977	1381,248	9,161
HW 146	1289,830	889,119	55,741	0,297	13,704	–	35,944	41,422	33,168	23684,997	398,941	126,662	293,269	2868,792	2063,081	1459,343	18,557
HF 941	1109,838	2262,362	393,918	–	4,666	72,630	31,125	37,737	39,527	21800,139	441,998	168,078	438,218	4369,341	3378,991	42,724	29,364
HF 942	553,754	4856,424	485,509	–	7,882	50,190	8,436	25,992	36,062	21877,101	336,049	223,657	402,026	4138,320	3457,236	14,988	19,505
HF 943	559,252	3728,453	245,281	0,642	8,817	60,419	–	33,930	35,167	16249,786	424,000	225,715	355,122	2618,977	2463,881	93,317	21,650
HF 944	77,514	146,393	14,636	1,640	14,897	87,729	27,776	64,273	42,887	16163,916	345,192	71,577	91,572	1576,127	1499,564	1394,101	47,194
HF 945	68,799	140,757	18,400	1,260	11,876	87,396	11,321	69,953	52,178	24252,988	635,469	144,069	190,207	1952,192	2181,585	1310,625	50,969

Sequentielle Elution V

Bez.	Zn	Pb	Cu	CdI	Cd2	Ni	Co	V1	V2	Fe	Mg	Ca	Mn	Na	Al	K	Cr
	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]
HA 961	116,025	–	4,477	–	3,189	–	1,127	–	1,303	51,998	302,867	1586,672	6,984	3709,374	0,986	–	0,809
HA 962	118,831	24,172	5,561	–	6,800	2,188	0,726	3,281	3,432	62,142	290,508	1259,602	7,150	3244,421	–	–	–
HA 963	158,322	7,372	3,340	0,612	6,696	–	2,007	1,656	2,041	34,097	261,660	981,810	7,268	2645,287	–	–	–
HA 964	18,274	16,003	–	1,929	3,087	–	3,407	0,000	1,477	154,273	322,183	392,687	9,805	4276,185	282,820	–	6,134
HA 965	3,385	0,000	–	–	5,388	2,616	2,228	3,404	2,567	155,177	143,953	274,385	9,406	3184,407	239,107	–	5,576
HW 141	78,643	12,986	1,573	–	6,369	–	–	–	–	–	193,888	1608,047	10,477	3976,756	0,195	82,752	4,734
HW 142	68,158	20,746	–	–	2,489	–	–	–	–	18,542	140,286	1218,929	4,960	3437,459	–	43,615	0,003
HW 143	32,833	–	–	–	2,588	–	–	–	–	–	137,283	732,649	3,061	3604,128	–	44,957	0,163
HW 144	24,825	2,221	–	–	2,687	–	–	–	–	–	324,001	44716,688	2,967	3785,112	31,782	48,818	2,718
HW 146	167,575	18,430	6,491	–	6,766	–	0,588	0,000	0,000	13,919	227,849	1409,851	13,646	5077,594	2,413	96,768	4,446
HF 941	137,108	15,866	8,926	–	5,491	3,007	6,466	1,686	2,389	77,688	486,797	2084,875	15,461	3724,130	170,231	–	6,714
HF 942	130,969	15,832	5,573	–	4,595	–	4,225	3,341	0,632	63,976	406,779	1252,230	14,426	2866,785	17,762	–	4,701
HF 943	122,350	0,000	–	–	5,285	2,216	2,613	–	–	–	330,589	843,375	13,103	3522,308	24,830	–	5,219
HF 944	12,624	23,107	1,669	5,172	–	–	–	0,000	1,660	–	194,228	500,148	9,788	4654,165	105,070	68,682	5,292
HF 945	0,000	5,208	–	–	1,296	–	0,087	0,000	0,000	84,702	222,212	653,133	7,869	3344,968	131,015	63,722	6,245

Sequentielle Elution VI

Bez.	Zn	Pb	Cu	CdI	Cd2	Ni	Co	V1	V2	Fe	Mg	Ca	Mn	Na	Al	K	Cr
	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]
HA 961	896,684	683,497	74,254	3,762	8,627	30,166	5,091	10,541	12,376	11669,043	2527,442	3112,615	101,037	653,046	10087,075	821,596	15,002
HA 962	625,833	497,371	53,858	2,082	7,027	21,298	4,087	8,858	10,518	9544,323	2057,736	2328,782	77,816	503,633	8657,674	689,928	12,501
HA 963	1008,117	349,813	68,460	3,535	8,662	26,204	5,355	12,311	14,242	12083,397	2645,855	2202,248	97,364	551,820	11804,178	902,679	17,174
HA 964	277,286	–	10,350	2,151	6,304	32,377	6,536	17,759	19,900	13445,720	2821,967	1641,297	106,290	533,387	15946,515	933,963	21,753
HA 965	177,802	1,451	10,190	2,837	7,322	33,202	6,813	16,164	18,343	14238,705	2527,767	1224,674	100,306	550,139	17923,820	811,465	24,990
HW 141	734,545	306,323	61,415	2,727	6,792	28,371	5,874	16,731	18,292	13962,869	2996,383	4768,137	139,659	1007,487	12362,387	1364,485	21,140
HW 142	711,494	334,375	59,864	5,057	10,323	27,795	6,186	16,744	18,872	14693,124	3206,380	4296,679	136,742	996,314	12922,752	1304,191	21,003
HW 143	532,943	234,276	46,476	2,654	7,705	24,245	5,209	13,579	15,426	12657,100	2745,530	4053,382	113,528	812,772	10419,058	1029,293	18,100
HW 144	400,381	116,352	37,876	2,898	6,915	19,395	3,746	11,277	12,852	10760,290	2455,206	3689,078	96,234	641,369	9372,412	1011,259	16,077
HW 146	1884,621	486,177	69,007	4,833	9,453	31,828	13,586	25,466	27,193	17502,032	4135,222	2380,169	167,973	938,867	20259,388	2190,952	30,180
HF 941	631,493	1075,820	56,582	5,161	9,966	29,171	7,274	12,405	14,873	14056,136	2673,187	3725,475	122,158	833,150	11498,256	964,934	16,948
HF 942	881,729	1588,826	64,923	5,120	9,807	30,699	6,786	12,073	14,272	14368,277	3140,202	2079,241	135,034	626,464	12655,192	818,554	18,369
HF 943	888,108	300,790	42,639	3,716	8,469	30,612	6,192	13,643	16,083	13423,886	2707,092	1809,408	107,327	583,553	15057,834	1010,471	18,908
HF 944	182,207	–	10,592	3,349	7,872	32,060	7,177	19,872	22,331	16709,099	3196,717	1869,259	134,569	666,400	17963,738	2115,586	26,095
HF 945	182,888	–	17,182	6,217	11,898	39,311	9,736	27,094	30,126	22954,800	5022,766	3908,394	210,483	1171,717	22067,456	2240,589	38,514

D.2 Wiederfindungsraten

Bez	pH	Zn _{ges} [ppm]	Zn _{elu} [ppm]	W [%]	Pb _{ges} [ppm]	Pb _{elu} [ppm]	W [%]	Cu _{ges} [ppm]	Cu _{elu} [ppm]	W [%]
HA 9.6.1	8,50	3573,29	2869,73	80,31	3265,28	3955,80	121,15	646,34	500,00	77,36
HA 9.6.2	8,50	3766,75	3203,08	85,04	3129,44	3534,77	112,95	721,52	518,66	71,88
HA 9.6.3	7,70	3266,88	3120,38	95,52	1434,23	1847,89	128,84	489,92	415,27	84,76
HA 9.6.4	6,50	702,70	600,65	85,48	213,61	217,82	101,97	29,55	34,32	116,15
HA 9.6.5	6,60	389,02	253,01	65,04	176,91	95,55	54,01	34,03	28,70	84,33
HG 1.4.1	8,40	3132,98	3426,30	109,36	2267,61	3134,77	138,24	443,52	398,85	89,93
HG 1.4.2	8,80	2720,25	3311,36	121,73	2121,93	3353,07	158,02	394,50	443,36	112,38
HG 1.4.3	8,90	2697,34	2922,40	108,34	1949,84	2250,13	115,40	385,63	371,15	96,24
HG 1.4.4	9,00	2465,66	2687,71	109,01	1627,98	2321,64	142,61	292,58	309,53	105,79
HG 1.4.6	7,70	3686,96	4030,33	109,31	1343,58	1912,55	142,35	199,24	196,20	98,48
HW 9.4.1	6,20	4853,65	3303,33	68,06	3688,93	4217,83	114,34	798,02	528,40	66,21
HW 9.4.2	6,30	6125,85	3562,05	58,15	5196,07	7053,37	135,75	928,88	669,16	72,04
HW 9.4.3	6,10	2774,25	2416,06	87,09	2480,60	4640,89	187,09	320,40	360,01	112,36
HW 9.4.4	5,90	336,93	341,71	101,42	111,80	172,66	154,43	23,35	32,13	137,61
HW 9.4.5	5,80	468,39	304,24	64,95	182,54	155,52	85,20	42,16	44,99	106,72

BEZ	pH	Al _{ges} [ppm]	Al _{elu} [ppm]	W [%]	Fe _{ges} [ppm]	Fe _{elu} [ppm]	W [%]	Mn _{ges} [ppm]	Mn _{elu} [ppm]	W [%]
HA 9.6.1	8,50	17892,58	13073,05	73,06	33414,46	31993,04	95,75	905,77	853,90	94,27
HA 9.6.2	8,50	16947,59	10557,91	62,30	35375,58	33336,58	94,24	842,45	794,68	94,33
HA 9.6.3	7,70	17105,70	13596,49	79,49	33807,96	38978,71	115,29	2498,51	1843,67	73,79
HA 9.6.4	6,50	22480,26	18664,50	83,03	29402,50	35919,56	122,16	392,23	437,92	111,65
HA 9.6.5	6,60	24463,10	19937,26	81,50	30890,96	20851,82	67,50	536,11	676,04	126,10
HG 1.4.1	8,40	15003,54	14077,40	93,83	27434,46	36550,03	133,23	1090,42	1356,30	124,38
HG 1.4.2	8,80	12892,32	14688,03	113,93	27192,71	24440,59	89,88	1076,18	1242,10	115,42
HG 1.4.3	8,90	13200,31	11732,66	88,88	25986,69	22910,98	88,18	1149,97	1281,96	111,48
HG 1.4.4	9,00	10793,59	10682,26	98,97	25606,26	20940,43	81,78	1223,13	1404,64	114,84
HG 1.4.6	7,70	22567,31	22498,30	99,69	29061,09	43690,22	150,34	1019,89	1317,40	129,17
HW 9.4.1	6,20	24900,85	15154,93	60,36	41140,47	36476,12	88,66	2235,82	2039,69	91,23
HW 9.4.2	6,30	25612,06	16187,41	63,20	72674,41	38193,11	52,55	5303,06	5074,04	95,68
HW 9.4.3	6,10	21089,06	17587,70	83,40	34679,10	30999,60	89,39	1431,59	2200,60	153,72
HW 9.4.4	5,90	17155,44	19882,28	115,89	26935,35	33721,38	125,19	632,26	736,02	116,41
HW 9.4.5	5,80	32460,68	24718,67	76,15	53161,97	59052,93	111,08	1090,98	1065,70	97,68

BEZ	pH	V _{ges} [ppm]	V _{elu} [ppm]	W [%]	Cr _{ges} [ppm]	Cr _{elu} [ppm]	W [%]	Cd _{ges} [ppm]	Cd _{elu} [ppm]	W [%]
HA 9.6.1	8,50	44,30	53,35	120,43	38,19	55,94	146,49	15,30	22,79	149,02
HA 9.6.2	8,50	37,37	39,19	104,86	31,98	34,01	106,35	16,04	28,81	179,65
HA 9.6.3	7,70	32,92	43,59	132,43	30,58	33,05	108,07	17,62	32,65	185,34
HA 9.6.4	6,50	44,99	69,98	146,64	37,85	66,41	175,45	8,32	13,91	167,23
HA 9.6.5	6,60	46,02	52,21	113,45	49,43	55,93	113,18	7,69	20,28	263,82
HG 1.4.1	8,40	52,94	77,85	147,07	33,74	50,83	150,65	12,52	28,58	228,28
HG 1.4.2	8,80	36,25	51,54	142,16	25,42	34,80	136,92	11,40	24,84	217,81
HG 1.4.3	8,90	36,36	34,22	94,11	25,56	19,61	76,73	11,73	20,15	171,70
HG 1.4.4	9,00	31,11	44,74	143,83	23,42	29,17	124,57	10,60	24,03	226,70
HG 1.4.6	7,70	50,26	64,15	127,63	34,73	53,93	155,26	15,67	36,97	235,96
HW 9.4.1	6,20	57,46	57,92	100,80	47,48	53,49	112,66	37,67	40,34	100,09
HW 9.4.2	6,30	56,10	51,80	92,34	49,23	42,73	86,79	40,78	40,50	99,32
HW 9.4.3	6,10	40,42	52,56	130,02	33,08	46,04	139,19	16,15	28,93	179,14
HW 9.4.4	5,90	30,58	68,95	225,44	32,91	78,92	239,85	10,32	28,44	275,68
HW 9.4.5	5,80	63,80	84,37	132,24	61,02	96,08	157,46	15,68	25,24	161,02

E Sedimentpetrographische Arbeiten

E.1 Prozentualer Anteils der < 63µ-Fraktion

Probe	Ein- waage	Filter	Filter + Ein- waage	Tonanteil (Einw.-Fil)	Ton	Ton 1. Durchl. + 2. Durchl	Feinsand	Ton + Feinsand	Verlust
1. Durchlauf									
HA 3.8.1	1,0000	0,0312	0,0956	0,0644	6,44	7,67	79,21	86,88	13,12
HA 3.8.2	1,0000	0,0304	0,0655	0,0351	3,51	4,74	88,66	93,40	6,60
HA 3.8.3	1,0079	0,0306	0,0873	0,0567	5,62	12,65	74,48	87,12	12,88
HA 3.8.4	0,9965	0,0308	0,0773	0,0465	4,66	5,32	86,93	92,24	7,76
HA 3.8.5	0,7123	0,0300	0,0386	0,0085	1,20	2,30	87,59	89,89	10,11
HA 8.6.1	1,0013	0,0319	0,0628	0,0309	3,09	5,14	87,73	92,88	7,12
HA 8.6.2	1,0047	0,0312	0,0655	0,0353	3,51	6,83	82,61	89,44	10,56
HA 8.6.3	1,0047	0,0314	0,0732	0,0418	4,16	8,00	82,37	90,37	9,63
HA 8.6.4	1,0024	0,0303	0,0446	0,0143	1,43	4,28	89,28	93,56	6,44
HA 8.6.5	1,0029	0,0310	0,0527	0,0217	2,16	5,13	86,68	91,81	8,19
HA 9.4.1	1,0029	0,0308	0,0455	0,0147	1,47	5,29	86,68	91,97	8,03
HA 9.4.2	1,0038	0,0316	0,0569	0,0253	2,52	8,33	84,59	92,92	7,08
HA 9.4.3	1,0028	0,0301	0,0440	0,0139	1,39	3,81	93,39	97,20	2,80
HA 9.4.4	1,0044	0,0302	0,0642	0,0340	3,26	-	-	-	-
HA 9.4.5	1,0030	0,0312	0,0856	0,0544	5,42	7,01	82,68	89,69	10,31
HA 9.6.1	1,0004	0,0298	0,1103	0,0805	8,04	9,04	80,81	89,85	10,15
HA 9.6.2	1,0062	0,0307	0,0797	0,0490	4,87	5,86	83,43	89,29	10,71
HA 9.6.3	1,0025	0,0299	0,1529	0,1230	12,26	14,61	73,70	88,31	11,69
HA 9.6.4	1,0018	0,0308	0,0567	0,0259	2,58	4,90	75,40	80,30	19,70
HA 9.6.5	1,0084	0,0308	0,0722	0,0414	4,10	5,79	89,96	95,75	4,25
HA 10.1.1	0,6987	0,0299	0,0573	0,0274	3,92	7,87	72,73	80,60	19,40
HA 10.1.2	0,9428	0,0308	0,0456	0,0148	1,06	2,95	89,46	92,41	7,59
HA 10.1.3	0,9018	0,0308	0,0462	0,0154	1,71	3,26	91,90	95,16	4,84
HA 10.1.4	0,9792	0,0308	0,0629	0,0321	3,28	4,97	83,06	88,03	11,97
HA 10.1.5	0,2188	0,0308	0,0403	0,0095	4,34	7,67	84,87	92,54	7,46
2. Durchlauf									
HA 3.8.1	1,0000	0,0313	0,0436	0,0123	1,23				
HA 3.8.2	1,0000	0,0305	0,0602	0,0297	2,97				
HA 3.8.3	1,0079	0,0310	0,1018	0,0708	7,02				
HA 3.8.4	0,9965	0,0318	0,0383	0,0065	0,65				
HA 3.8.5	0,7123	0,0303	0,0381	0,0078	1,09				
HA 8.6.1	1,0013	0,0303	0,0509	0,0206	2,06				
HA 8.6.2	1,0047	0,0302	0,0635	0,0333	3,31				
HA 8.6.3	1,0047	0,0308	0,0694	0,0386	3,84				
HA 8.6.4	1,0024	0,0304	0,0590	0,0286	2,85				
HA 8.6.5	1,0029	0,0299	0,0596	0,0297	2,96				
HA 9.4.1	1,0029	0,0301	0,0685	0,0384	3,83				
HA 9.4.2	1,0038	0,0304	0,0887	0,0583	5,81				
HA 9.4.3	1,0028	0,0302	0,0545	0,0243	2,42				
HA 9.4.4	1,0044	0,0309	0,1249	0,0940	9,35				
HA 9.4.5	1,0030	0,0312	0,0480	0,0168	1,67				
HA 9.6.1	1,0004	0,0302	0,0401	0,0099	0,99				
HA 9.6.2	1,0062	0,0301	0,0374	0,0073	0,99				
HA 9.6.3	1,0025	0,0308	0,0543	0,0235	2,34				
HA 9.6.4	1,0018	0,0307	0,0536	0,0232	2,31				
HA 9.6.5	1,0084	0,0316	0,0486	0,0170	1,69				
HA 10.1.1	0,6987	0,0306	0,0582	0,0276	3,95				
HA 10.1.2	0,9428	0,0314	0,0492	0,0178	1,88				
HA 10.1.3	0,9018	0,0304	0,0444	0,0140	1,55				
HA 10.1.4	0,9792	0,0298	0,0463	0,0165	1,68				
HA 10.1.5	0,2188	0,0302	0,0375	0,0073	3,33				
Feinsand									
HA 3.8.1	1,0000	0,0250	0,8171	0,7921	79,21				
HA 3.8.2	1,0000	0,0263	0,9125	0,8862	88,62				
HA 3.8.3	1,0079	0,0254	0,7761	0,7507	74,81				
HA 3.8.4	0,9965	0,0251	0,8914	0,8663	86,93				
HA 3.8.5	0,7123	0,0254	0,6493	0,6239	87,59				
HA 8.6.1	1,0013	0,0256	0,9041	0,8785	87,74				
HA 8.6.2	1,0047	0,0248	0,8553	0,8305	82,61				
HA 8.6.3	1,0047	0,0250	0,8523	0,8275	82,37				

Probe	Ein- waage	Filter	Filter + Ein- waage	Tonanteil (Einw.-Fil)	Ton	Ton 1. Durchl. + 2. Durchl	Feinsand	Ton + Feinsand	Verlust
HA 8.6.4	1,0024	0,0260	0,9209	0,8949	89,28				
HA 8.6.5	1,0029	0,0259	0,8952	0,8693	86,68				
HA 9.4.1	1,0029	0,0250	0,8943	0,8693	86,68				
HA 9.4.2	1,0038	0,0244	0,8735	0,8491	84,59				
HA 9.4.3	1,0028	0,0261	0,9626	0,9365	93,39				
HA 9.4.4	1,0044	0,0248	0,2657	0,2419					
HA 9.4.5	1,0030	0,0247	0,8540	0,8293	82,68				
HA 9.6.1	1,0004	0,0245	0,8288	0,8064	80,61				
HA 9.6.2	1,0062	0,0245	0,8640	0,8395	83,43				
HA 9.6.3	1,0025	0,0248	0,7636	0,7388	73,70				
HA 9.6.4	1,0018	0,0250	0,7804	0,7554	75,40				
HA 9.6.5	1,0084	0,0250	0,9322	0,9072	89,96				
HA 10.1.1	0,6987	0,0265	0,5342	0,5077	72,73				
HA 10.1.2	0,9428	0,0252	0,8703	0,8435	89,46				
HA 10.1.3	0,9018	0,0268	0,8539	0,8271	91,90				
HA 10.1.4	0,9792	0,0259	0,8393	0,8134	83,06				
HA 10.1.5	0,2188	0,0258	0,2110	0,1857	84,87				
1. Durchlauf									
HW 1.4.1	0,9905	0,0303	0,1001	0,0698	7,046	10,01	82,82	92,83	7,17
HW 1.4.2	0,9728	0,0308	0,0828	0,0520	5,345	6,32	87,38	93,70	6,30
HW 1.4.3	0,9958	0,0302	0,0370	0,0068	0,682	1,13	93,60	94,73	5,17
HW 1.4.4	0,9947	0,0306	0,0497	0,0191	1,92	3,12	87,07	90,19	9,81
HW 1.4.5	0,4566	0,0311	0,0368	0,0057	1,25	2,23	91,87	96,33	3,67
HW 2.8.1	1,000	0,0305	0,0496	0,0191	1,91	5,33	85,36	90,69	9,31
HW 2.8.2	0,9961	0,0303	0,0615	0,0312	3,13	4,52	87,03	91,54	8,46
HW 2.8.3	0,9782	0,0314	0,0488	0,0174	1,78	2,09	93,44	95,53	4,37
HW 2.8.4	0,9400	0,0305	0,0628	0,0323	3,44	4,11	86,40	90,51	9,49
HW 2.8.5	0,9956	0,0302	0,0319	0,0007	0,07	0,12	93,28	93,40	6,60
HW 3.4.1	0,9926	0,0303	0,0359	0,0056	0,56	3,19	88,05	91,24	8,76
HW 3.4.2	1,0058	0,0310	0,0436	0,0126	1,01	1,83	93,03	94,86	5,14
HW 3.4.3	0,9948	0,0317	0,0419	0,0102	1,03	1,67	88,96	90,63	9,37
HW 3.4.4	1,0164	0,0309	0,0375	0,0066	0,65	1,11	65,35	66,46	33,54
HW 3.4.5	0,7400	0,0305	0,0478	0,0173	2,34	3,31	69,56	72,87	27,14
2. Durchlauf									
HW 1.4.1	0,9905	0,0303	0,0605	0,0302	3,05				
HW 1.4.2	0,9728	0,0312	0,0407	0,0095	0,97				
HW 1.4.3	0,9958	0,0303	0,0348	0,0045	0,45				
HW 1.4.4	0,9947	0,0302	0,0422	0,0120	1,21				
HW 1.4.5	0,4566	0,0310	0,0352	0,0042	0,92				
HW 2.8.1	1,000	0,0299	0,0644	0,0342	3,42				
HW 2.8.2	0,9961	0,0304	0,0422	0,0138	1,39				
HW 2.8.3	0,9782	0,0317	0,0348	0,0031	0,32				
HW 2.8.4	0,9400	0,0300	0,0363	0,0063	0,67				
HW 2.8.5	0,9956	0,0315	0,0320	0,0005	0,05				
HW 3.4.1	0,9926	0,0303	0,0564	0,0261	2,63				
HW 3.4.2	1,0058	0,0312	0,0394	0,0082	0,82				
HW 3.4.3	0,9948	0,0298	0,0362	0,0064	0,65				
HW 3.4.4	1,0164	0,0315	0,0362	0,0047	0,46				
HW 3.4.5	0,7400	0,0306	0,0378	0,0072	0,97				
Feinsand									
HW 1.4.1	0,9905	0,0251	0,8454	0,8203	82,82				
HW 1.4.2	0,9728	0,0252	0,8761	0,8500	87,38				
HW 1.4.3	0,9958	0,0251	0,9572	0,9321	93,60				
HW 1.4.4	0,9947	0,0250	0,8911	0,8661	87,07				
HW 1.4.5	0,4566	0,0248	0,4443	0,4195	91,87				
HW 2.8.1	1,000	0,0254	0,8790	0,8536	85,36				
HW 2.8.2	0,9961	0,0248	0,8917	0,8669	87,03				
HW 2.8.3	0,9782	0,0262	0,9403	0,9141	93,45				
HW 2.8.4	0,9400	0,0257	0,8379	0,8122	86,40				
HW 2.8.5	0,9956	0,0261	0,9589	0,9328	93,28				
HW 3.4.1	0,9926	0,0257	0,8797	0,8740	88,05				
HW 3.4.2	1,0058	0,0257	0,9604	0,9347	93,03				
HW 3.4.3	0,9948	0,0261	0,9120	0,8859	88,96				
HW 3.4.4	1,0164	0,0264	0,6904	0,6640	65,35				
HW 3.4.5	0,7400	0,0254	0,5402	0,5148	69,56				
1. Durchlauf									

Probe	Ein- waage	Filter	Filter + Ein- waage	Tonanteil (Einw.-Fil)	Ton	Ton 1. Durchl. + 2. Durchl	Feinsand	Ton + Feinsand	Verlust
HF 1.3.1	0,2547	0,0308	0,0337	0,0029	1,14	2,26	88,77	91,03	8,97
HF 1.3.2	0,9178	0,0301	0,0454	0,0153	1,67	2,50	90,89	93,38	6,62
HF 1.3.3	1,0032	0,0300	0,0459	0,0159	1,58	2,85	93,75	96,59	3,41
HF 1.3.4	0,9394	0,0305	0,0348	0,0043	0,46	0,90	92,10	93,00	7,00
HF 1.3.5	0,8429	0,0296	0,0537	0,0241	2,86	5,09	72,87	82,96	17,04
HF 2.7.1	0,3234	0,0306	0,0320	0,0014	0,44	1,03	79,41	80,44	19,56
HF 2.7.2	0,9688	0,0299	0,0408	0,0109	1,13	4,01	88,48	92,49	7,51
HF 2.7.3	0,2296	0,0301	0,0323	0,0022	0,96	1,39	91,76	93,15	6,85
HF 2.7.4	0,5990	0,0299	0,0593	0,0294	4,91	5,45	86,31	91,76	8,24
HF 2.7.5	0,9795	0,0304	0,1185	0,0881	8,99	11,04	82,94	93,98	6,02
HF 3.7.1	0,2856	0,0303	0,0336	0,0033	1,18	1,83	83,65	85,48	14,62
HF 3.7.2	0,2004	0,0296	0,0337	0,0041	2,05	3,90	84,25	88,15	11,85
HF 3.7.3	0,2134	0,0312	0,0358	0,0046	2,16	3,48	86,90	90,38	9,62
HF 3.7.4	0,9542	0,0310	0,0468	0,0158	1,66	3,08	70,62	73,70	26,30
HF 3.7.5	0,9996	0,0302	0,0678	0,0376	3,76	5,13	89,87	95,00	5,00
HF 6.2.1	0,1812	0,0314	0,0326	0,0012	0,64	3,34	91,44	94,78	5,22
HF 6.2.2	0,9707	0,0316	0,0448	0,0132	1,36	2,86	85,49	88,35	11,65
HF 6.2.3	0,6297	0,0309	0,0470	0,0161	2,56	2,90	87,79	90,69	9,31
HF 6.2.4	0,6295	0,0310	0,0344	0,0034	0,54	1,33	81,69	91,14	8,86
HF 6.2.5	0,9891	0,0306	0,0424	0,0118	1,19	2,87	89,81	92,68	7,32
HF 9.4.1	0,1849	0,0305	0,0321	0,0016	0,87	1,75	92,96	94,71	5,29
HF 9.4.2	0,1033	0,0305	0,0310	0,0005	0,48	1,25	92,83	94,08	5,92
HF 9.4.3	0,6483	0,0293	0,0376	0,0083	1,28	5,99	87,84	93,83	6,17
HF 9.4.4	0,9551	0,0302	0,0723	0,0421	4,41	5,08	85,60	90,67	9,33
HF 9.4.5	0,2896	0,0297	0,0554	0,0257	8,89	10,72	82,11	92,83	7,17
2. Durchlauf									
HF 1.3.1	0,2547	0,0299	0,0328	0,0029	1,13				
HF 1.3.2	0,9178	0,0301	0,0377	0,0076	0,83				
HF 1.3.3	1,0032	0,0297	0,0424	0,0127	1,27				
HF 1.3.4	0,9394	0,0298	0,0340	0,0042	0,45				
HF 1.3.5	0,8429	0,0314	0,0502	0,0188	2,23				
HF 2.7.1	0,3234	0,0302	0,0321	0,0019	0,59				
HF 2.7.2	0,9688	0,0300	0,0580	0,0280	2,89				
HF 2.7.3	0,2296	0,0304	0,0314	0,0010	0,44				
HF 2.7.4	0,5990	0,0301	0,0332	0,0033	0,55				
HF 2.7.5	0,9795	0,0298	0,0497	0,0199	2,05				
HF 3.7.1	0,2856	0,0304	0,0323	0,0019	0,67				
HF 3.7.2	0,2004	0,0307	0,0344	0,0037	1,85				
HF 3.7.3	0,2134	0,0304	0,0332	0,0028	1,33				
HF 3.7.4	0,9542	0,0301	0,0437	0,0136	1,42				
HF 3.7.5	0,9996	0,0301	0,0437	0,0137	1,37				
HF 6.2.1	0,1812	0,0300	0,0349	0,0049	2,70				
HF 6.2.2	0,9707	0,0290	0,0436	0,0146	1,50				
HF 6.2.3	0,6297	0,0300	0,0322	0,0022	0,35				
HF 6.2.4	0,6295	0,0297	0,0245	0,0044	0,76				
HF 6.2.5	0,9891	0,0294	0,0459	0,0165	1,68				
HF 9.4.1	0,1849	0,0297	0,0313	0,0016	0,88				
HF 9.4.2	0,1033	0,0301	0,0309	0,0008	0,77				
HF 9.4.3	0,6483	0,0298	0,0600	0,0302	4,72				
HF 9.4.4	0,9551	0,0301	0,0365	0,0064	0,67				
HF 9.4.5	0,2896	0,0293	0,0346	0,0053	1,83				
Feinsand									
HF 1.3.1	0,2547	0,0251	0,2512	0,2261	88,77				
HF 1.3.2	0,9178	0,0253	0,8505	0,8342	90,89				
HF 1.3.3	1,0032	0,0254	0,9660	0,9406	93,75				
HF 1.3.4	0,9394	0,0247	0,8899	0,8652	92,10				
HF 1.3.5	0,8429	0,0250	0,6813	0,6563	77,87				
HF 2.7.1	0,3234	0,0259	0,3155	0,2565	79,41				
HF 2.7.2	0,9688	0,0256	0,8828	0,8572	88,48				
HF 2.7.3	0,2296	0,0256	0,2363	0,2107	91,76				
HF 2.7.4	0,5990	0,0253	0,5423	0,5170	86,31				
HF 2.7.5	0,9795	0,0246	0,8366	0,8120	82,94				
HF 3.7.1	0,2856	0,0255	0,2644	0,2389	83,65				
HF 3.7.2	0,2004	0,0246	0,1931	0,1685	84,25				
HF 3.7.3	0,2134	0,0253	0,2078	0,1825	86,90				
HF 3.7.4	0,9542	0,0244	0,6953	0,6709	70,62				
HF 3.7.5	0,9996	0,0252	0,9150	0,8898	89,87				

Probe	Ein- waage	Filter	Filter + Ein- waage	Tonanteil (Einw.-Fil)	Ton	Ton 1. Durchl. + 2. Durchl	Feinsand	Ton + Feinsand	Verlust
HF 6.2.1	0,1812	0,0250	0,1895	0,1646	91,44				
HF 6.2.2	0,9707	0,0250	0,8543	0,8293	85,49				
HF 6.2.3	0,6297	0,0252	0,5695	0,5443	87,79				
HF 6.2.4	0,6295	0,0246	0,5400	0,5143	81,69				
HF 6.2.5	0,9891	0,0248	0,9050	0,8802	89,81				
HF 9.4.1	0,1849	0,0247	0,1966	0,1719	92,96				
HF 9.4.2	0,1033	0,0249	0,1208	0,0959	92,83				
HF 9.4.3	0,6483	0,0248	0,5943	0,5695	87,84				
HF 9.4.4	0,9551	0,0248	0,8424	0,8176	85,60				
HF 9.4.5	0,2896	0,0245	0,2623	0,2378	82,11				
1. Durchlauf									
EA 1.4.1	0,9987	0,0306	0,0377	0,0071	0,71	1,18	84,06	85,24	14,76
EA 1.4.3	0,9528	0,0292	0,1200	0,0908	9,53	10,88	75,09	85,97	14,03
EA 1.7.1	0,9489	0,0301	0,0410	0,0109	1,14	2,92	65,92	68,12	31,88
EA 1.7.3	0,9382	0,0302	0,0490	0,0188	2,00	2,82	83,92	86,74	13,26
EA 2.3.1	0,6037	0,0295	0,0425	0,0130	2,15	2,83	93,42	96,25	3,75
EA 2.3.3	0,9791	0,0295	0,0420	0,0125	1,28	1,72	95,72	97,44	2,56
EA 4.1.1	0,9846	0,0300	0,0366	0,0066	0,67	0,98	89,03	90,01	9,99
EA 4.1.3	1,0052	0,0299	0,0372	0,0073	0,73	1,73	96,99	98,72	1,28
EA 4.7.1	0,9910	0,0290	0,0346	0,0056	0,57	1,35	94,09	95,44	3,56
EA 4.7.2	0,5264	0,0295	0,0317	0,0022	0,42	1,12	95,93	97,05	2,95
2. Durchlauf									
EA 1.4.1	0,9987	0,0298	0,0345	0,0047	0,47				
EA 1.4.3	0,9528	0,0295	0,0422	0,0127	1,33				
EA 1.7.1	0,9489	0,0298	0,0335	0,0037	0,39				
EA 1.7.3	0,9382	0,0296	0,0373	0,0077	0,82				
EA 2.3.1	0,6037	0,0302	0,0331	0,0029	0,48				
EA 2.3.3	0,9791	0,0298	0,0341	0,0043	0,44				
EA 4.1.1	0,9846	0,0293	0,0322	0,0029	0,29				
EA 4.1.3	1,0052	0,0304	0,0400	0,0104	1,03				
EA 4.7.1	0,9910	0,0307	0,0384	0,0077	0,78				
EA 4.7.2	0,5264	0,0303	0,0340	0,0037	0,70				
Feinsand									
EA 1.4.1	0,9987	0,0249	0,8644	0,8395	84,06				
EA 1.4.3	0,9528	0,0251	0,7406	0,7155	75,09				
EA 1.7.1	0,9489	0,0246	0,6501	0,6255	65,92				
EA 1.7.3	0,9382	0,0245	0,8095	0,7850	83,67				
EA 2.3.1	0,6037	0,0253	0,5893	0,5640	93,42				
EA 2.3.3	0,9791	0,0257	0,9630	0,9373	95,73				
EA 4.1.1	0,9846	0,0250	0,9016	0,8766	89,03				
EA 4.1.3	1,0052	0,0258	0,9492	0,9750	96,99				
EA 4.7.1	0,9910	0,0251	0,9566	0,9315	94,09				
EA 4.7.2	0,5264	0,0251	0,5305	0,5054	95,93				
1. Durchlauf									
EW 3.7.1	0,9925	0,0298	0,0365	0,0067	0,68	1,08	94,78	95,86	4,14
EW 3.7.3	0,9948	0,0289	0,0348	0,0059	0,59	1,38	68,87	70,25	29,75
EW 4.4.1	0,9650	0,0300	0,0455	0,0155	1,61	2,29	93,57	95,86	4,14
EW 4.4.3	0,9647	0,0292	0,0352	0,0060	0,62	0,98	93,93	94,91	5,09
EW 5.5.1	0,9972	0,0292	0,0416	0,0124	1,24	2,52	89,04	91,56	8,44
EW 5.5.3	0,9348	0,0294	0,0995	0,0701	7,50	10,81	80,43	91,24	8,76
EW 5.7.1	0,9610	0,0333	0,0569	0,0236	2,46	2,98	79,55	82,53	17,47
EW 5.7.3	0,9767	0,0306	0,0509	0,0203	2,08	5,37	80,75	86,12	13,88
2. Durchlauf									
EW 3.7.1	0,9925	0,0306	0,0346	0,0040	0,40				
EW 3.7.3	0,9948	0,0299	0,0378	0,0079	0,79				
EW 4.4.1	0,9650	0,0295	0,0361	0,0066	0,68				
EW 4.4.3	0,9647	0,0290	0,0325	0,0035	0,36				
EW 5.5.1	0,9972	0,0301	0,0429	0,0128	1,28				
EW 5.5.3	0,9348	0,0294	0,0676	0,0382	3,51				
EW 5.7.1	0,9610	0,0333	0,0569	0,0236	2,46				
EW 5.7.3	0,9767	0,0306	0,0509	0,0203	2,08				
Feinsand									
EW 3.7.1	0,9925	0,0246	0,9653	0,9407	94,78				
EW 3.7.3	0,9948	0,0250	0,9351	0,6851	68,87				
EW 4.4.1	0,9650	0,0259	0,9327	0,9068	93,57				
EW 4.4.3	0,9647	0,0248	0,9309	0,9061	93,93				

Probe	Ein- waage	Filter	Filter + Ein- waage	Tonanteil (Einw.-Fil)	Ton	Ton 1. Durchl. + 2. Durchl	Feinsand	Ton + Feinsand	Verlust
EW 5.5.1	0,9972	0,0248	0,9127	0,8879	89,04				
EW 5.5.3	0,9348	0,0250	0,7769	0,7519	80,43				
EW 5.7.1	0,9610	0,0250	0,7895	0,7645	79,55				
EW 5.7.3	0,9767	0,0253	0,8140	0,7887	80,75				
1. Durchlauf									
EF 4.1.1	0,5715	0,0297	0,0358	0,0061	1,07	1,68	89,17	90,85	9,15
EF 4.1.2	1,0470	0,0303	0,0340	0,0037	0,35	0,83	92,23	93,06	6,94
EF 5.3.1	0,1417	0,0303	0,0314	0,0011	0,78	2,54	61,68	64,22	35,78
EF 5.3.2	0,9365	0,0304	0,0355	0,0051	0,54	2,26	88,62	90,88	9,12
EF 5.8.1	1,0012	0,0300	0,0356	0,0056	0,56	1,00	88,87	89,87	10,13
EF 5.8.2	0,9851	0,0297	0,0913	0,0616	6,25	6,87	87,30	94,17	5,83
EF 6.2.1	0,8837	0,0303	0,0331	0,0028	0,32	0,58	93,14	93,72	6,28
EF 6.2.3	0,9517	0,0307	0,0323	0,0016	0,17	1,77	90,62	92,39	7,61
2. Durchlauf									
EF 4.1.1	0,5715	0,0298	0,0333	0,0035	0,61				
EF 4.1.2	1,0470	0,0300	0,0350	0,0050	0,48				
EF 5.3.1	0,1417	0,0291	0,0316	0,0025	1,76				
EF 5.3.2	0,9365	0,0305	0,0468	0,0161	1,72				
EF 5.8.1	1,0012	0,0296	0,0340	0,0044	0,44				
EF 5.8.2	0,9851	0,0294	0,0355	0,0061	0,62				
EF 6.2.1	0,8837	0,0300	0,0323	0,0023	0,26				
EF 6.2.3	0,9517	0,0294	0,0446	0,0152	1,60				
Feinsand									
EF 4.1.1	0,5715	0,0246	0,5342	0,4096	89,17				
EF 4.1.2	1,0470	0,0242	0,9899	0,9657	92,23				
EF 5.3.1	0,1417	0,0251	0,1125	0,0874	61,68				
EF 5.3.2	0,9365	0,0251	0,8551	0,8300	88,62				
EF 5.8.1	1,0012	0,0243	0,9141	0,8898	88,87				
EF 5.8.2	0,9851	0,0252	0,8852	0,8600	87,30				
EF 6.2.1	0,8837	0,0257	0,8488	0,8231	93,14				
EF 6.2.3	0,9517	0,0253	0,8877	0,8624	90,62				
1. Durchlauf Wiederholungsproben									
HA 3.8.3	0,9580	0,0299	0,0353	0,0054	0,56	1,29	89,99	91,28	8,72
HA 8.6.1	0,9882	0,0295	0,0839	0,0544	5,69	7,07	94,35	101,42	-
HA 8.6.5	0,9465	0,0300	0,0426	0,0126	1,33	4,46	85,88	90,34	9,66
HA 9.4.1	0,9444	0,0300	0,0419	0,0119	1,26	1,93	91,00	92,93	6,07
HA 9.4.4	0,9551	0,0302	0,0568	0,0266	2,79	4,82	85,88	90,70	9,30
HA 9.6.3	0,9818	0,0301	0,0461	0,0160	1,63	3,96	76,28	80,24	19,76
HA 10.1.1	0,9453	0,0305	0,0389	0,0084	0,89	1,81	86,90	88,71	11,29
HW 1.4.2	1,0090	0,0309	0,0353	0,0044	0,44	1,04	94,95	95,99	4,01
HW 2.8.1	0,8953	0,0300	0,0492	0,0192	2,12	2,48	86,47	88,95	11,05
HW 2.8.2	0,9726	0,0300	0,0317	0,0017	0,17	0,36	90,71	91,07	8,93
HW 3.4.1	0,9969	0,0296	0,0476	0,0180	1,81	2,09	83,15	85,24	14,76
HW 3.4.2	0,9943	0,0306	0,0314	0,0008	0,08	0,23	91,57	91,80	8,20
HF 1.3.3	0,9000	0,0299	0,0389	0,0090	1,00	2,41	89,98	92,39	7,61
HF 1.3.5	0,9308	0,0310	0,3474	0,3163	33,98	37,14	58,26	95,40	4,60
HF 2.7.5	0,9829	0,6299	0,1189	0,5110	52,14	52,68	77,73	130,41	-
HF 6.2.5	0,9294	0,0300	0,0591	0,0291	3,13	4,24	90,11	94,35	5,65
HF 9.4.3	0,9594	0,0305	0,0476	0,0171	1,78	2,55	74,85	77,40	22,60
EA 1.4.3	0,7902	0,0297	0,0332	0,0035	0,44	1,44	90,09	91,53	8,47
EA 1.7.3	1,0907	0,0303	0,0590	0,0287	2,63	2,97	91,61	94,58	5,42
EA 4.1.1	0,9962	0,0295	0,0430	0,0135	1,36	1,77	90,56	92,33	7,67
EW 5.5.3	1,0031	0,0288	0,0261	0,0073	0,73	1,26	90,49	91,75	8,25
EW 5.8.2	0,9508	0,0296	0,0569	0,0273	2,87	2,99	89,84	92,83	7,17
2. Durchlauf (Wiederholungsproben)									
HA 3.8.3	0,9580	0,0301	0,0371	0,0070	0,73				
HA 8.6.1	0,9882	0,0295	0,0431	0,0136	1,38				
HA 8.6.5	0,9465	0,0300	0,0596	0,0296	3,13				
HA 9.4.1	0,9444	0,0299	0,0362	0,0063	0,67				
HA 9.4.4	0,9551	0,0290	0,0484	0,0194	2,03				
HA 9.6.3	0,9818	0,0298	0,0527	0,0229	2,33				
HA 10.1.1	0,9453	0,0297	0,0384	0,0087	0,92				
HW 1.4.2	1,0090	0,0299	0,0360	0,0061	0,60				
HW 2.8.1	0,8953	0,0305	0,0337	0,0032	0,36				
HW 2.8.2	0,9726	0,0301	0,0319	0,0018	0,19				
HW 3.4.1	0,9969	0,0293	0,0321	0,0028	0,28				

Probe	Ein- waage	Filter	Filter + Ein- waage	Tonanteil (Einw.-Fil)	Ton	Ton 1. Durchl. + 2. Durchl	Feinsand	Ton + Feinsand	Verlust
HW 3.4.2	0,9943	0,0313	0,0328	0,0015	0,15				
HF 1.3.3	0,9000	0,0299	0,0426	0,0127	1,41				
HF 1.3.5	0,9308	0,0299	0,0593	0,0294	3,16				
HF 2.7.5	0,9829	0,0298	0,0351	0,0053	0,54				
HF 6.2.5	0,9294	0,0294	0,0397	0,0103	1,11				
HF 9.4.3	0,9594	0,0299	0,0373	0,0074	0,77				
EA 1.4.3	0,7902	0,0294	0,0373	0,0079	1,00				
EA 1.7.3	1,0907	0,0297	0,0337	0,0037	0,34				
EA 4.1.1	0,9962	0,0288	0,0329	0,0041	0,41				
EW 5.5.3	1,0031	0,0290	0,0343	0,0053	0,53				
EW 5.8.2	0,9508	0,0293	0,0410	0,0012	0,12				
Feinsand (Wiederholungsproben)									
HA 3.8.3	0,9580	0,0252	0,8873	0,8621	89,99				
HA 8.6.1	0,9882	0,0256	0,9580	0,9324	94,35				
HA 8.6.5	0,9465	0,0247	0,8376	0,8129	85,88				
HA 9.4.1	0,9444	0,0252	0,8546	0,8594	91,00				
HA 9.4.4	0,9551	0,0251	0,8453	0,8202	85,88				
HA 9.6.3	0,9818	0,0244	0,7733	0,7489	76,28				
HA 10.1.1	0,9453	0,0248	0,8463	0,8215	86,90				
HW 1.4.2	1,0090	0,0245	0,9825	0,9580	94,95				
HW 2.8.1	0,8953	0,0254	0,7996	0,7742	86,47				
HW 2.8.2	0,9726	0,0253	0,9105	0,8852	90,71				
HW 3.4.1	0,9969	0,0255	0,8545	0,8290	83,15				
HW 3.4.2	0,9943	0,0261	0,9369	0,9105	91,57				
HF 1.3.3	0,9000	0,0261	0,8359	0,8098	89,98				
HF 1.3.5	0,9308	0,0259	0,5682	0,5423	58,26				
HF 2.7.5	0,9829	0,0252	0,7892	0,7640	77,73				
HF 6.2.5	0,9294	0,0252	0,8627	0,8375	90,11				
HF 9.4.3	0,9594	0,0255	0,7440	0,7185	74,89				
EA 1.4.3	0,7902	0,0266	0,7383	0,7117	90,09				
EA 1.7.3	1,0907	0,0257	1,0249	0,9992	91,61				
EA 4.1.1	0,9962	0,0250	0,9270	0,9020	90,56				
EW 5.5.3	1,0031	0,0255	0,9332	0,9077	90,49				
EW 5.8.2	0,9508	0,0246	0,8788	0,8542	89,84				
1. Durchlauf (2. Wiederholung)									
HF 1.3.3	0,9573	0,0294	0,0478	0,0184	1,92	3,04	89,07	93,11	6,89
HF 1.3.5	0,9258	0,0295	0,1117	0,0822	8,88	11,34	75,55	86,89	13,11
HF 2.7.5	1,0918	0,0303	0,1855	0,1522	14,23	16,02	74,51	90,63	9,47
HF 6.2.5	1,0287	0,0299	0,0557	0,0258	2,50	4,26	90,79	95,05	9,95
2. Durchlauf (2. Wiederholung)									
HF 1.3.3	0,9573	0,0297	0,0404	0,0107	1,12				
HF 1.3.5	0,9258	0,0287	0,0515	0,0228	2,46				
HF 2.7.5	1,0918	0,0300	0,0495	0,0195	1,79				
HF 6.2.5	1,0287	0,0291	0,0475	0,0181	1,00				
Feinsand (2. Wiederholung)									
HF 1.3.3	0,9573	0,0233	0,8760	0,8527	89,07				
HF 1.3.5	0,9258	0,0264	0,7259	0,6995	75,55				
HF 2.7.5	1,0918	0,0262	0,8384	0,8122	74,51				
HF 6.2.5	1,0287	0,0255	0,9588	0,9333	90,79				

Probe	Einwaage	Filter	Filter + Einwaage	Tonanteil (Einw.-Fil)	Ton
Probengewinnung					
HA 3.8.1	2,051	0,0298	0,0660	0,0362	1,56
HA 3.8.2	2,006	0,0302	0,0523	0,0221	1,10
HA 3.8.3	2,134	0,0311	0,0882	0,0571	2,67
HA 3.8.4	2,107	0,0300	0,0777	0,0477	2,27
HA 3.8.5	1,200	0,0302	0,0681	0,0379	3,16
HA 8.6.1	2,0028	0,0295	0,0633	0,0338	1,69
HA 8.6.2	2,0016	0,0296	0,0832	0,0536	2,68
HA 8.6.3	2,057	0,0296	0,0739	0,0443	2,15
HA 8.6.4	2,0298	0,0299	0,1052	0,0753	3,71
HA 8.6.5	2,233	0,0304	0,1406	0,1102	4,93
HA 9.4.1	2,0277	0,0902	0,0777	0,0775	3,84
HA 9.4.2	2,1165	0,0291	0,0799	0,0508	2,40
HA 9.4.3	1,9969	0,0293	0,0621	0,0328	1,64
HA 9.4.4	2,0006	0,0298	0,1123	0,0825	4,13
HA 9.4.5	1,9756	0,0296	0,1258	0,0962	4,81
HA 9.6.1	1,977	0,0299	0,0567	0,0268	1,36
HA 9.6.2	2,0708	0,0298	0,0556	0,0258	1,24
HA 9.6.3	2,1518	0,0292	0,0971	0,0678	3,15
HA 9.6.4	2,019	0,0288	0,0901	0,0613	3,07
HA 9.6.5	1,4200	0,0298	0,0903	0,0605	4,26
HA 10.1.1	1,3575	0,0285	0,0854	0,0569	4,13
HA 10.1.2	2,295	0,0291	0,1150	0,0859	3,75
HA 10.1.3	2,1187	0,0293	0,1370	0,1077	5,08
HA 10.1.4	2,027	0,0289	0,2654	0,2365	11,49
HA 10.1.5	0,5481	0,0292	0,0449	0,0157	2,86
Probengewinnung					
HW 1.4.1	2,0538	0,0289	0,0578	0,0289	1,41
HW 1.4.2	2,2258	0,0295	0,0626	0,0331	1,48
HW 1.4.3	1,9906	0,0285	0,0486	0,0201	1,01
HW 1.4.4	1,8251	0,0297	0,0658	0,0361	1,97
HW 1.4.5	2,0430	0,0290	0,0707	0,0417	2,04
HW 2.8.1	1,9544	0,0295	0,0666	0,0371	1,90
HW 2.8.2	1,6176	0,0295	0,0498	0,0203	1,26
HW 2.8.3	1,9826	0,0314	0,0401	0,0087	0,44
HW 2.8.4	1,9767	0,0297	0,0420	0,0123	0,62
HW 2.8.5	1,9609	0,0293	0,0631	0,0338	1,72
HW 3.4.1	2,0729	0,0296	0,0528	0,0232	1,17
HW 3.4.2	1,8736	0,0300	0,0448	0,0148	0,79
HW 3.4.3	2,1680	0,0291	0,0425	0,0141	0,65
HW 3.4.4	2,1597	0,0293	0,0542	0,0249	1,15
HW 3.4.5	-	-	-	-	-
Probengewinnung					
HF 1.3.1	1,335	0,0302	0,0542	0,0240	1,80
HF 1.3.2	1,9840	0,0318	0,0708	0,0390	1,97
HF 1.3.3	2,1151	0,0299	0,0750	0,0451	2,13
HF 1.3.4	1,9338	0,0303	0,0602	0,0299	1,55
HF 1.3.5	0,4759	0,0288	0,0370	0,0082	1,74
HF 2.7.1	1,9343	0,0297	0,1235	0,0938	4,86
HF 2.7.2	1,9157	0,0292	0,1002	0,0710	3,72
HF 2.7.3	1,5149	0,0297	0,0575	0,0278	1,84
HF 2.7.4	1,4101	0,0300	0,0504	0,0204	1,45
HF 2.7.5	0,9572	0,0301	0,0450	0,0149	1,57
HF 3.7.1	-	-	-	-	-
HF 3.7.2	1,9496	0,0280	0,1510	0,1230	6,31
HF 3.7.3	1,1800	0,0307	0,0547	0,0240	2,03
HF 3.7.4	1,9260	0,0295	0,0392	0,0097	0,50
HF 3.7.5	1,6134	0,0292	0,0675	0,0383	2,38
HF 6.2.1	2,0353	0,0294	0,0885	0,0591	0,29
HF 6.2.2	2,1056	0,0300	0,0745	0,0445	2,11
HF 6.2.3	2,0041	0,0300	0,0686	0,0386	1,93
HF 6.2.4	2,0459	0,0296	0,0806	0,0510	2,49
HF 6.2.5	1,9225	0,0298	0,0853	0,0555	2,89
HF 9.4.1	1,0316	0,0282	0,0440	0,0158	1,53
HF 9.4.2	2,0537	0,0296	0,1517	0,1221	5,96
HF 9.4.3	1,9624	0,0286	0,1053	0,0767	3,91
HF 9.4.4	1,9713	0,0297	0,0911	0,0614	3,12
HF 9.4.5	0,7231	0,0289	0,0489	0,0192	2,65

Probe	Einwaage	Filter	Filter + Einwaage	Tonanteil (Einw.-Fil)	Ton
Probengewinnung					
EA 1.4.1	1,9740	0,0287	0,0663	0,0376	1,91
EA 1.4.3	2,0494	0,0289	0,0668	0,0379	1,88
EA 1.7.1	2,0211	0,0293	0,0649	0,0356	1,76
EA 1.7.3	1,9780	0,0295	0,0628	0,0333	1,68
EA 2.3.1	1,9593	0,0295	0,0561	0,0266	1,36
EA 2.3.3	1,9517	0,0291	0,0573	0,0282	1,45
EA 4.1.1	1,9638	0,0293	0,0564	0,0271	1,38
EA 4.1.3	2,0407	0,0287	0,0454	0,0167	0,82
EA 4.7.1	0,2230	0,0295	0,0322	0,0027	1,23
EA 4.7.2	2,0203	0,0297	0,0500	0,0203	1,00
Probengewinnung					
EW 3.7.1	1,5284	0,0287	0,0439	0,0152	0,99
EW 3.7.3	2,004	0,0280	0,0668	0,0388	1,94
EW 4.4.1	1,9870	0,0297	0,0537	0,0240	1,12
EW 4.4.3	1,9360	0,0286	0,0608	0,0322	1,67
EW 5.5.1	1,9548	0,0291	0,0508	0,0217	1,12
EW 5.5.3	2,0122	0,0263	0,0598	0,0335	1,67
EW 5.7.1	1,9400	0,0295	0,0596	0,0301	1,55
EW 5.7.3	2,0670	0,0296	0,0687	0,0391	1,90
Probengewinnung					
EF 4.1.2	0,1200	0,0295	0,0299	0,0004	0,33
EF 5.3.1	1,2080	0,0293	0,0451	0,0158	1,32
EF 5.3.2	2,0503	0,0298	0,0546	0,0228	1,11
EF 5.8.1	1,9910	0,0301	0,0622	0,0321	1,61
EF 5.8.2	1,8399	0,0300	0,0741	0,0441	2,41
EF 6.2.1	0,9916	0,0292	0,0359	0,0067	0,68
EF 6.2.3	2,0376	0,0312	0,0401	0,0089	0,44
EF 8.2.1	1,5017	0,0309	0,0423	0,0114	0,76
EF 8.2.2	1,9677	0,0295	0,0431	0,0136	0,694
Feinsandfraktion					
HA 10.1.5	0,5481	0,0271	0,4281	0,3980	73,7
HW 1.4.5	2,0430	0,0241	1,6229	1,5988	78,0
HF 1.3.1	1,335	0,0248	1,0231	0,9983	75,0
HF 2.7.1	1,9343	0,0259	1,4039	1,3777	71,35
HF 2.7.3	1,5149	0,0240	1,3367	1,3127	86,18
HF 2.7.4	1,4101	0,0252	1,2148	1,1896	83,68
HF 3.7.2	1,9496	0,0258	1,4883	1,4574	75,16
HF 3.7.3	1,1800	0,0257	0,8356	0,8099	68,63
HF 6.2.1	2,0353	0,0263	1,6830	1,6567	86,08
HF 9.4.1	1,0316	0,0254	0,9451	0,9197	89,29
HF 9.4.2	2.0537	0,0228	1,7692	1,7464	82,85
HF 9.4.5	0,7231	0,0253	0,6089	0,5836	80,70
EA 4.7.2	2,0203	0,0249	1,7752	1,7503	86,64
EF 5.3.1	1,2080	0,0250	1,0511	1,0261	84,29
Auftrennung der Gesamtfraction < 0,063 mm in Ton- bzw. Schluff-Fraktion					
Tonfraktion					
HA 3.8.1	0,9039	0,0296	0,0461	0,0165	1,83
HA 3.8.2	1,6574	0,0289	0,0799	0,0510	3,09
HA 3.8.3	0,9616	0,0287	0,0542	0,0255	2,65
HA 3.8.4	2,0880	0,0296	0,1079	0,0753	3,61
HA 3.8.5	-	-	-	-	-
HA 8.6.1	1,0673	0,0287	0,0643	0,0356	3,34
HA 8.6.2	1,5650	0,0285	0,1105	0,0820	5,25
HA 8.6.3	2,1667	0,0301	0,1148	0,0847	3,91
HA 8.6.4	1,9043	0,0285	0,1380	0,1095	5,76
HA 8.6.5	0,7900	0,0292	0,0644	0,0352	4,45
HA 9.4.1	1,1072	0,0292	0,0648	0,0356	3,24
HA 9.4.2	1,9472	0,0290	0,1109	0,0819	4,22
HA 9.4.3	1,8070	0,0286	0,1003	0,0717	3,96
HA 9.4.4	0,5432	0,0306	0,0467	0,0161	2,98
HA 9.4.5	0,3739	0,0291	0,0453	0,0162	4,44
HA 9.6.1	1,9457	0,0263	0,1329	0,1066	5,94
HA 9.6.2	2,0784	0,0305	0,1335	0,1030	4,98
HA 9.6.3	1,3308	0,0295	0,1079	0,0784	5,89
HA 9.6.4	1,9802	0,0295	0,1142	0,0847	4,28
HA 9.6.5	-	-	-	-	-
HA 10.1.1	0,1739	0,0298	0,0347	0,0049	2,87

Probe	Einwaage	Filter	Filter + Einwaage	Tonanteil (Einw.-Fil)	Ton
HA 10.1.2	0,4146	0,0280	0,0440	0,0160	3,86
HA 10.1.3	1,5310	0,0300	0,1373	0,1073	7,01
HA 10.1.4	0,9140	0,0296	0,0886	0,0590	6,48
HA 10.1.5	0,1912	0,0296	0,0338	0,0042	2,20
Schlufffraktion					
HA 3.8.1	0,9039	-	-	-	-
HA 3.8.2	1,6574	0,0249	1,4797	1,4548	87,88
HA 3.8.3	0,9616	0,0250	1,8381	1,8131	?
HA 3.8.4	2,0880	0,0261	0,7984	0,7693	36,84
HA 3.8.5	-	-	-	-	-
HA 8.6.1	1,0673	0,0262	0,9416	0,9154	85,79
HA 8.6.2	1,5650	0,0260	1,2725	1,2465	79,48
HA 8.6.3	2,1667	0,0266	1,8181	1,7915	82,82
HA 8.6.4	1,9043	0,0265	1,6090	1,5825	83,15
HA 8.6.5	0,7900	0,0261	0,6813	0,6552	82,94
HA 9.4.1	1,1072	0,0280	0,9443	0,9163	82,77
HA 9.4.2	1,9472	0,0273	1,6835	1,6562	85,05
HA 9.4.3	1,8070	0,0271	1,4532	1,4261	78,45
HA 9.4.4	0,5432	0,0269	0,4530	0,4261	78,91
HA 9.4.5	0,3739	0,0274	0,3230	0,2956	79,89
HA 9.6.1	1,9457	0,0270	1,6400	1,613	84,29
HA 9.6.2	2,0784	0,0271	1,7469	1,7198	82,60
HA 9.6.3	1,3308	0,0265	1,0772	1,0907	78,94
HA 9.6.4	1,9802	0,0273	1,3165	1,2892	65,15
HA 9.6.5	-	-	-	-	-
HA 10.1.1	0,1739	0,0260	0,1471	0,1211	69,63
HA 10.1.2	0,4146	0,0271	0,3466	0,3195	72,06
HA 10.1.3	1,5310	0,0277	1,1284	1,1007	71,89
HA 10.1.4	0,9140	0,0263	0,7547	0,7284	80,04
HA 10.1.5	0,1912	0,0285	0,1648	0,1363	71,29
Tonfraktion					
HW 1.4.1	1,9301	0,0287	0,0699	0,0412	2,13
HW 1.4.2	1,9970	0,0300	0,0783	0,0483	2,42
HW 1.4.3	1,9495	0,0296	0,0547	0,0251	1,29
HW 1.4.4	2,0670	0,0316	0,0805	0,0489	2,73
HW 1.4.5	1,7514	0,0289	0,0771	0,04989	2,79
HW 2.8.1	0,2400	0,0304	0,0348	0,0044	1,83
HW 2.8.2	1,9430	0,0290	0,0903	0,0613	3,16
HW 2.8.3	2,1134	0,0294	0,0635	0,0341	1,61
HW 2.8.4	1,9855	0,0290	0,0617	0,0327	1,65
HW 2.8.5	2,0741	0,0284	0,1265	0,0981	4,73
HW 3.4.1	1,9159	0,0288	0,0791	0,0503	2,63
HW 3.4.2	2,0136	0,0291	0,0602	0,0311	1,54
HW 3.4.3	2,1870	0,0289	0,0559	0,0270	1,23
HW 3.4.4	2,0259	0,0283	0,0525	0,0242	1,19
HW 3.4.5	1,4319	0,0280	0,0955	0,0675	4,78
Schlufffraktion					
HW 1.4.1	1,9301	0,0268	1,693	1,6695	86,00
HW 1.4.2	1,9970	0,0274	1,7470	1,7196	85,92
HW 1.4.3	1,9495	0,0272	1,7125	1,6853	86,59
HW 1.4.4	2,0670	0,0265	1,6790	1,6525	79,82
HW 1.4.5	1,7514	0,0264	1,5409	1,5145	86,25
HW 2.8.1	0,2400	0,0271	0,2120	0,1849	77,04
HW 2.8.2	1,9430	0,0272	1,7512	1,7240	88,66
HW 2.8.3	2,1134	0,0269	1,9084	1,8815	89,10
HW 2.8.4	1,9855	0,0268	1,7388	1,7120	86,36
HW 2.8.5	2,0741	0,0269	1,9029	1,8760	90,34
HW 3.4.1	1,9159	0,0267	1,7276	1,7009	89,00
HW 3.4.2	2,0136	0,0265	1,7600	1,7335	86,06
HW 3.4.3	2,1870	0,0262	1,9717	1,9455	88,99
HW 3.4.4	2,0259	0,0272	0,6385	0,6113	42,75
HW 3.4.5	1,4319	0,0271	1,8703	1,8432	91,09
Tonfraktion					
HF 1.3.1	0,2644	0,0286	0,0353	0,0067	2,57
HF 1.3.2	1,9186	0,0285	0,1152	0,0867	4,54
HF 1.3.3	1,5838	0,0293	0,0777	0,0484	3,06
HF 1.3.4	1,9549	0,0298	0,0675	0,0377	1,93
HF 1.3.5	1,5582	0,0285	0,0505	0,0220	1,42

Probe	Einwaage	Filter	Filter + Einwaage	Tonanteil (Einw.-Fil)	Ton
HF 2.7.1	1,8078	0,0291	0,0958	0,0667	3,71
HF 2.7.2	0,4316	0,0280	0,0452	0,0172	3,98
HF 2.7.3	1,3407	0,0296	0,0781	0,0485	3,61
HF 2.7.4	0,9556	0,0275	0,0560	0,0285	2,98
HF 2.7.5	0,6133	0,0288	0,0390	0,0102	1,66
HF 3.7.1	-	-	-	-	-
HF 3.7.2	0,2962	0,0288	0,0405	0,0117	3,95
HF 3.7.3	0,9368	0,0285	0,0813	0,0528	5,63
HF 3.7.4	1,0450	0,0288	0,0374	0,0086	0,82
HF 3.7.5	0,6368	0,0297	0,0482	0,0185	2,93
HF 6.2.1	0,9705	0,0287	0,0674	0,0387	3,98
HF 6.2.2	0,1809	0,0294	0,0315	0,0021	1,16
HF 6.2.3	0,5720	0,0290	0,0472	0,0182	3,18
HF 6.2.4	0,6955	0,0296	0,0469	0,0173	2,50
HF 6.2.5	0,9773	0,0281	0,0644	0,0363	3,71
HF 9.4.1	0,5433	0,0286	0,0438	0,0152	2,81
HF 9.4.2	0,1818	0,0283	0,0332	0,0047	2,69
HF 9.4.3	0,9493	0,0286	0,0445	0,0159	1,67
HF 9.4.4	1,0410	0,0322	0,0815	0,0493	4,74
HF 9.4.5	0,1612	0,0285	0,0321	0,0036	2,23
Schlufffraktion					
HF 1.3.1	0,2644	0,0271	0,6385	0,6114	42,75
HF 1.3.2	1,9186	0,0266	0,2053	0,1787	68,73
HF 1.3.3	1,5838	0,0262	1,5895	1,5633	81,67
HF 1.3.4	1,9549	0,0254	1,4064	1,3810	87,34
HF 1.3.5	1,5582	0,0256	1,4303	1,4047	90,32
HF 2.7.1	1,8078	0,0265	1,4425	1,4180	78,33
HF 2.7.2	0,4316	0,0269	0,3450	0,3181	73,70
HF 2.7.3	1,3407	0,0270	1,1691	1,1421	85,07
HF 2.7.4	0,9556	0,0277	0,7986	0,7739	1,03
HF 2.7.5	0,6133	0,0272	0,5176	0,4888	79,69
HF 3.7.1	-	-	-	-	-
HF 3.7.2	0,2962	0,0260	0,2613	0,2353	81,13
HF 3.7.3	0,9368	0,0268	0,6011	0,5743	61,75
HF 3.7.4	1,0450	0,0264	0,9173	0,8909	85,66
HF 3.7.5	0,6368	0,026	0,5258	0,4998	78,46
HF 6.2.1	0,9705	0,0283	0,7793	0,7510	77,42
HF 6.2.2	0,1809	0,0264	0,1723	0,0859	47,72
HF 6.2.3	0,5720	0,0264	0,5017	0,4753	83,38
HF 6.2.4	0,6955	0,0328	0,6410	0,6082	88,24
HF 6.2.5	0,9773	0,0268	0,8255	0,7987	82,34
HF 9.4.1	0,5433	0,0264	0,4976	0,4712	87,25
HF 9.4.2	0,1818	0,0261	0,1850	0,1589	87,40
HF 9.4.3	0,9493	0,0267	0,3509	0,3242	34,48
HF 9.4.4	1,0410	0,0259	0,8819	0,8580	82,90
HF 9.4.5	0,1612	0,0274	0,1458	0,1184	74,00
Tonfraktion					
EA 1.4.1	1,9801	0,0284	0,0734	0,0450	2,27
EA 1.4.3	1,8650	0,0280	0,0858	0,0578	3,10
EA 1.7.1	0,8258	0,0283	0,0466	0,0183	2,23
EA 1.7.3	2,0735	0,0284	0,0966	0,0682	3,29
EA 2.3.1	0,9144	0,0295	0,0459	0,0164	1,80
EA 2.3.3	0,8425	0,0281	0,0505	0,0224	2,66
EA 4.1.1	0,7568	0,0282	0,0416	0,0134	1,77
EA 4.1.3	1,2617	0,0280	0,0565	0,0285	2,26
EA 4.7.1	-	-	-	-	-
EA 4.7.2	1,2979	0,0294	0,0575	0,0281	2,18
EW 3.7.1	0,3006	0,0287	0,0361	0,0074	2,46
EW 3.7.3	0,4988	0,0289	0,0457	0,0168	3,43
EW 4.4.1	0,3066	0,0278	0,0361	0,0083	2,66
EW 4.4.3	1,2465	0,0296	0,0626	0,0330	
EW 5.5.1	0,4739	0,0294	0,0426	0,0132	
EW 5.5.3	0,5910	0,0285	0,0470	0,0185	
EW 5.7.1	0,4711	0,0288	0,0416	0,0128	
EW 5.7.3	1,3485	0,0281	0,0902	0,0621	
EW 5.8.1	1,1675	0,0276	0,0533	0,0247	
EW 5.8.2	1,0832	0,0277	0,0585	0,0302	
EF 4.1.1	-	-	-	-	
EF 4.1.3	-	-	-	-	

Probe	Einwaage	Filter	Filter + Einwaage	Tonanteil (Einw.-Fil)	Ton
EF 5.3.1	2,4399	0,0295	0,0411	0,0116	
EF 5.3.2	1,0459	0,0286	0,0577	0,0291	
EF 6.2.1	0,7122	0,0300	0,0419	0,0119	
EF 6.2.2	1,6987	0,0281	0,0453	0,0172	
EF 8.2.1	0,6962	0,0301	0,0406	0,0105	
EF 8.2.2	1,3945	0,0291	0,0491	0,0200	
Schlufffraktion					
EA 1.4.1	1,9801	0,0262	1,8085	1,7818	89,89
EA 1.4.3	1,8650	0,0267	1,6665	1,6390	87,63
EA 1.7.1	0,8258	0,0265	0,7482	0,7214	88,00
EA 1.7.3	2,0735	0,0267	1,8313	0,8046	49,75
EA 2.3.1	0,9144	0,0267	0,6177	0,5910	64,94
EA 2.3.3	0,8425	0,0272	0,7276	0,7004	83,41
EA 4.1.1	0,7568	0,0259	0,6006	0,5747	76,62
EA 4.1.3	1,2617	0,0260	1,1069	1,0809	85,71
EA 4.7.1	-	-			
EA 4.7.2	1,2979	0,0270	1,1495	1,1130	86,00
EW 3.7.1	0,3006	0,0261	0,2786	0,2525	84,16
EW 3.7.3	0,4988	0,0269	0,4363	0,1673	34,14
EW 4.4.1	0,3066	0,0265	0,2717	0,2452	81,73
EW 4.4.3	1,2465	0,0263	1,0673	1,041	
EW 5.5.1	0,4739	0,0269	0,3923	0,3654	
EW 5.5.3	0,5910	0,0266	0,4864	0,4598	
EW 5.7.1	0,4711	0,0277	0,4135	0,3858	
EW 5.7.3	1,3485	0,0271	1,1684	1,1409	
EW 5.8.1	1,1675	0,0265	0,9984	0,9719	
EW 5.8.2	1,0832	0,0268	0,8721	0,8452	
EF 4.1.1	-	-			
EF 4.1.3	-	-			
EF 5.3.1	2,4399	0,0270	0,3732	0,3462	
EF 5.3.2	1,0459	0,0267	0,8351	0,8084	
EF 6.2.1	0,7122	0,0268	0,5667	0,5399	
EF 6.2.2	1,6987	0,0269	1,4853	1,45431	
EF 8.2.1	0,6962	0,0264	0,5899	0,5635	
EF 8.2.2	1,3945	0,0273	1,2164	1,1891	
Feinsandfraktion					
HA 3.8.1	0,8511	0,0291	0,0410	0,0119	
HA 3.8.3	1,6940	0,0281	0,0632	0,0351	
HA 9.6.5	0,8260	0,0292	0,0641	0,0349	
HA 10.1.1	0,4784	0,0288	0,0443	0,0155	
HA 10.1.5	0,1464	0,0317	0,0352	0,0035	
Tonfraktion					
HW 1.4.2	1,0886	0,0297	0,0554	0,0257	
HW 1.4.3	2,1473	0,0293	0,0728	0,0435	
HW 2.8.2	1,8826	0,0286	0,0774	0,0488	
HW 2.8.3	2,1401	0,0290	0,0651	0,0361	
HW 2.8.4	1,3894	0,0291	0,0534	0,0243	
HW 2.8.5	0,6346	0,0277	0,0461	0,0184	
HW 3.4.1	1,1639	0,0303	0,0559	0,0286	
HW 3.4.2	2,2097	0,0299	0,0710	0,0411	
HW 3.4.3	3,011	0,0280	0,0785	0,0505	
HW 3.4.4	2,1178	0,0275	0,0616	0,0341	
HW 3.4.5	1,9252	0,0295	0,0951	0,0656	
HF 1.3.1	0,8393	0,0285	0,0530	0,0245	
HF 1.3.3	1,8994	0,0291	0,0790	0,0499	
HF 1.3.4	0,5378	0,0304	0,0381	0,0077	
HF 2.7.3	1,6626	0,0290	0,0719	0,0429	
HF 2.7.4	0,4553	0,0300	0,0521	0,0221	
HF 3.7.2	0,8275	0,0291	0,0668	0,0377	
HF 3.7.3	0,6482	0,0082	0,0444	0,0162	
HF 3.7.4	0,4522	0,0288	0,0400	0,0117	
HF 3.7.5	0,4855	0,0301	0,0584	0,0283	
HF 6.2.1	0,7189	0,0299	0,0459	0,0159	
HF 6.2.2	0,7139	0,0309	0,0491	0,0182	
HF 6.2.3	1,8982	0,0303	0,0936	0,0633	
HF 6.2.4	2,0500	0,0295	0,1123	0,0828	
HF 6.2.5	1,8494	0,0290	0,0990	0,0700	
HF 9.4.2	0,2329	0,0294	0,0390	0,0096	
HF 9.4.3	1,9233	0,0302	0,1373	0,1071	

Probe	Einwaage	Filter	Filter + Einwaage	Tonanteil (Einw.-Fil)	Ton
HF 9.4.4	2,0612	0,0293	0,1011	0,0718	
HW 1.4.1	1,9926	0,0291	0,0639	0,0348	
HW 1.4.2	1,8181	0,0300	0,0630	0,0300	
EA 1.7.1	1,9452	0,0298	0,0578	0,0280	
EA 1.7.3	2,0120	0,0297	0,0639	0,0342	
EA 2.3.1	0,6177	0,0297	0,0455	0,0158	
EA 2.3.3	2,0263	0,300	0,0658	0,0358	
EA 4.1.1	1,8704	0,0293	0,0511	0,0218	
EA 4.1.3	1,0181	0,0301	0,0459	0,0158	
EA 4.7.2	1,9807	0,0365	0,0530	0,0165	
EW 3.7.3	1,2691	0,0290	0,0532	0,0242	
EW 4.4.1	1,8259	0,0286	0,04977	0,0211	
EW 4.4.3	1,2396	0,0300	0,0481	0,0181	
EW 5.5.1	1,137	0,0313	0,0566	0,0253	
EW 5.5.3	1,9235	0,0310	0,1299	0,0989	
EW 5.7.1	1,2945	0,0308	0,0653	0,0345	
EW 5.7.3	2,0391	0,3030	0,0927	0,0624	
EW 5.8.1	2,1788	0,0306	0,0752	0,0446	
EW 5.8.2	2,1337	0,0314	0,0818	0,0504	
EF 5.3.1	-	-	-	-	
EF 5.3.2	0,4311	0,0294	0,04277	0,0133	
EF 6.2.1	-	-	-	-	
EF 6.2.2	1,9294	0,0304	0,0427	0,0123	
EF 8.2.1	-	-	-	-	
EF 8.2.2	0,4250	0,0307	0,0385	0,0078	
Schlufffraktion (Nachanalyse)					
HW 1.4.2	2,0188	0,0308	0,0709	0,0401	
HW 1.4.3	2,0540	0,0306	0,0543	0,0237	
HW 2.8.1	1,9196	0,0304	0,0698	0,0394	
HW 2.8.3	1,9807	0,0298	0,0506	0,0208	
HF 1.3.4	2,0512	0,0307	0,0567	0,0260	
EA 1.7.3	1,9630	0,0317	0,6914	0,0374	
EA 2.3.3	1,9414	0,0308	0,0647	0,0339	
EA 4.1.1	1,9010	0,0302	0,0507	0,0205	
EA 4.7.2	1,2737	0,0303	0,0534	0,0231	
EW 4.4.3	1,9072	0,0302	0,0513	0,0211	
EW 5.5.3	2,0814	0,0312	0,1073	0,0761	
EW 5.7.3	2,0273	0,0304	0,1045	0,0741	
EW 5.8.1	0,7303	0,0301	0,0430	0,0129	
EF 6.2.2	1,9615	0,0303	0,0444	0,0139	

Probe	Ein- waage	Filter	Filter + Ein- waage	Tonanteil (Einw.-Fil)
Tonfraktion 1. Durchlauf				
HA 6.1.1	1,9846	0,0301	0,0636	0,0335
HA 6.1.2	2,0783	0,02954	0,0606	0,0311
HA 6.1.3	1,9132	0,0297	0,1077	0,0780
HA 6.1.4	1,9275	0,0292	0,1144	0,0852
HA 6.1.5	2,1775	0,0302	0,0607	0,0305
HW 4.1.1	2,0127	0,0315	0,0658	0,0343
HW 4.1.2	2,0852	0,0292	0,0720	0,0428
HW 4.1.3	1,9357	0,0304	0,0512	0,0308
HW 4.1.4	2,0078	0,0304	0,0922	0,0618
HW 4.1.5	1,9119	0,0306	0,0724	0,0421
HF 1.1.1	1,1477	0,0295	0,0479	0,0184
HF 1.1.2	1,9626	0,0317	0,0658	0,0341
HF 1.1.3	1,9666	0,0315	0,0635	0,0320
HF 1.1.4	1,9057	0,0305	0,0559	0,0254
HF 1.1.5	1,9823	0,0312	0,0805	0,0493
EA 1.3.1	1,9634	0,0325	0,0882	0,0557
EA 1.3.3	1,9693	0,0331	0,1072	0,0741
EW 1.2.1	1,9424	0,0330	0,0593	0,0263
EW 1.2.3	2,1448	0,0325	0,0607	0,0282
EF 2.2.1	2,0148	0,0335	0,0450	0,0115
EF 2.2.2	1,9480	0,0336	0,0401	0,0065
Tonfraktion 2. Durchlauf				
HA 6.1.1	1,9846	0,0317	0,0702	0,0385
HA 6.1.2	2,0783	0,0301	0,0680	0,0379
HA 6.1.3	1,9132	0,0301	0,0854	0,0775
HA 6.1.4	1,9275	0,0313	0,0805	0,0492
HA 6.1.5	2,1775	0,0300	0,1072	0,0772
HW 4.1.1	2,0127	0,0297	0,0592	0,0295
HW 4.1.2	2,0852	0,0300	0,0603	0,0303
HW 4.1.3	1,9357	0,0300	0,0512	0,0212
HW 4.1.4	2,0078	0,0292	0,0582	0,0290
HW 4.1.5	1,9119	0,0292	0,0526	0,0236
HF 1.1.1	1,1477	0,0312	0,0470	0,0158
HF 1.1.2	1,9626	0,0315	0,0642	0,0327
HF 1.1.3	1,9666	0,0324	0,0650	0,0326
HF 1.1.4	1,9057	0,0302	0,0501	0,0199
HF 1.1.5	1,9823	0,0297	0,0534	0,0237
EA 1.3.1	1,8950	0,0330	0,0595	0,0265
EA 1.3.3	0,5748	0,0330	0,0447	0,0117
EW 1.2.1	1,9032	0,0319	0,0511	0,0192
EW 1.2.3	2,0586	0,0324	0,0500	0,0224
EF 2.2.1	-	-	-	-
EF 2.2.2	1,8461	0,0322	0,0437	0,0115
Feinsandfraktion				
HA 6.1.1	1,9846	0,0266	1,7171	1,6905
HA 6.1.2	2,0783	0,0256	1,7474	1,7218
HA 6.1.3	1,9132	0,0263	1,5995	1,5732
HA 6.1.4	1,9275	0,0263	1,4705	1,4442
HA 6.1.5	2,1775	0,0277	1,2381	1,2104
HW 4.1.1	2,0127	0,0269	1,6935	1,6666
HW 4.1.2	2,0852	0,0270	1,5133	1,4863
HW 4.1.3	1,9357	0,0258	1,6125	1,5867
HW 4.1.4	2,0078	0,0271	1,3794	1,3523
HW 4.1.5	1,9119	0,0270	1,5278	1,5208
HF 1.1.1	1,1477	0,0272	0,8791	0,8519
HF 1.1.2	1,9626	0,0260	1,5823	1,5563
HF 1.1.3	1,9666	0,0270	1,7091	1,6821
HF 1.1.4	1,9057	0,0261	1,6573	1,6312
HF 1.1.5	1,9823	0,0309	1,5354	1,5045
EA 1.3.1	1,9634	0,0325	0,0882	0,0557
EA 1.3.3	1,9693	0,0331	0,1072	0,0741
EW 1.2.1	1,9424	0,0330	0,0593	0,0263
EW 1.2.3	2,1448	0,0325	0,0607	0,0282
EF 2.2.1	2,0148	0,0335	0,0450	0,0115
EF 2.2.2	1,9480	0,0336	0,0401	0,0065
Tonfraktion 3. Durchlauf				

Probe	Ein- waage	Filter	Filter + Ein- waage	Tonanteil (Einw.-Fil)
HA 6.1.1	1,9962	0,0341	0,0943	0,0642
HA 6.1.2	1,8554	0,0334	0,0860	0,0516
HA 6.1.3	1,9664	0,0332	0,1132	0,0800
HA 6.1.4	1,9397	0,0326	0,1198	0,0872
HA 6.1.5	2,0528	0,0337	0,0627	0,0290
HW 4.1.1	2,1330	0,0348	0,0730	0,0382
HW 4.1.2	2,1127	0,0333	0,0824	0,0491
HW 4.1.3	2,0234	0,0340	0,0532	0,0192
HW 4.1.4	1,8796	0,0360	0,0987	0,0627
HW 4.1.5	2,0912	0,0325	0,0785	0,0460
HF 1.1.1	1,4919	0,0350	0,0734	0,0384
HF 1.1.2	1,9100	0,0340	0,0705	0,0365
HF 1.1.3	1,9396	0,0334	0,0787	0,0453
HF 1.1.4	1,9303	0,0338	0,0681	0,0343
HF 1.1.5	2,0764	0,0339	0,0689	0,0350
EA 1.3.1	1,6389	0,0325	0,0780	0,0455
EA 1.3.3	-	-	-	-
EW 1.2.1	2,0546	0,0327	0,0624	0,0297
EW 1.2.3	2,1120	0,0330	0,0685	0,0355
EF 2.2.1	-	-	-	-
EF 2.2.2	2,0569	0,0323	0,0434	0,0111
Tonfraktion 4. Durchlauf				
HA 6.1.1	1,9103	0,0331	0,1049	0,0718
HA 6.1.2	1,9723	0,0328	0,1079	0,0751
HA 6.1.3	1,3686	0,0308	0,1091	0,0783
HA 6.1.4	1,9637	0,0305	0,1337	0,1032
HA 6.1.5	2,0700	0,0309	0,0960	0,0651
HW 4.1.1	-	-	-	-
HW 4.1.2	2,0754	0,0314	0,0607	0,0293
HW 4.1.3	1,8600	0,0315	0,0598	0,0284
HW 4.1.4	1,9721	0,0335	0,0916	0,0581
HW 4.1.5	1,9781	0,0343	0,0729	0,0386
HF 1.1.1	-	-	-	-
HF 1.1.2	1,8992	0,0341	0,0863	0,0522
HF 1.1.3	1,8877	0,0326	0,0903	0,0577
HF 1.1.4	2,2000	0,0332	0,0605	0,0273
HF 1.1.5	2,0000	0,0334	0,0901	0,0567

E.2 Meßwerte Feinsand- und Tonfraktion inclusive agglutiniertes < 63µ-Fraktion

				Feinsandfraktion incl. agglutiniertem Anteil				Feinsandfraktion excl. agglutiniertem Anteil				Tonfraktion			
UG	Bhz	Bez	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	Zn	Pb	Cd	Cu	Zn	Pb	Cd	Cu
HA	Ap	381	7,80	3659,17	2198,23	15,89	468,87	3257,11	2301,33	15,56	397,11	7048,86	4571,88	25,79	829,02
HA	Go	382	8,10	3266,27	2046,56	13,10	440,87	3434,47	2486,42	15,52	500,19	7344,86	4773,18	23,58	1004,24
HA	Gro	383	8,20	3220,46	2212,76	13,98	444,40	2865,19	1953,65	13,18	381,26	5695,65	3157,98	19,71	700,66
HA	Gor	385	6,10	1150,72	362,40	6,19	45,60	1156,54	618,01	6,89	57,37	2326,13	418,48	10,25	120,89
HA	Gr	386	5,80	300,32	135,44	6,72	21,52	402,35	150,72	8,21	23,23	509,01	335,60	7,32	37,21
HA	Ap	611	8,00	4491,89	3289,22	18,07	610,22	4857,25	3824,07	16,18	698,29	7469,76	5465,18	23,11	826,99
HA	Go	612	8,10	5988,54	3696,24	25,81	677,90	5922,74	4013,58	21,65	749,47	9838,54	5777,97	26,35	947,50
HA	Gro	613	7,30	3515,19	2346,19	15,16	439,14	3108,43	2093,77	28,06	387,16	8936,26	4389,02	26,44	722,08
HA	Gor	614	6,50	1156,80	256,89	7,68	46,18	1317,12	170,04	6,84	31,14	3251,97	692,19	13,02	148,59
HA	Gr	615	6,70	187,98	90,50	6,99	30,13	299,22	129,83	5,44	36,45	512,70	209,19	7,98	52,46
HA	Ap	861	8,30	3456,17	2492,63	11,14	434,52	3359,56	2922,67	12,80	506,64	4978,78	3754,31	12,82	669,83
HA	Go	862	8,50	3563,91	2732,19	11,80	538,98	4142,28	3312,74	15,08	652,63	6329,96	4685,29	15,44	923,78
HA	Gro	863	7,90	2509,39	1618,31	10,48	292,65	2780,70	1752,08	12,60	321,13	5426,08	3388,28	15,20	608,63
HA	Gor	864	7,70	1169,39	340,94	7,69	42,65	1351,99	384,32	9,30	44,90	2509,63	599,35	6,60	81,52
HA	Gr	865	6,30	343,15	98,00	6,51	24,81	337,23	147,31	6,63	19,69	606,16	208,15	4,43	23,86
HA	Ap	941	8,40	3635,69	3065,17	13,16	616,86	3506,31	3147,05	14,55	607,99	5638,18	5076,87	17,98	951,43
HA	Go	942	8,40	3762,40	3319,51	13,65	757,37	3673,05	3951,05	14,04	799,79	5751,69	5661,42	15,84	1092,40
HA	Gro	943	7,90	3493,29	2915,76	16,45	536,87	3733,84	2737,68	17,06	478,55	6407,13	4447,20	20,89	742,51
HA	Gor	944	7,00	1151,81	216,92	8,73	47,93	1124,53	216,04	8,56	39,89	1890,00	315,30	7,52	70,39
HA	Gr	945	6,50	190,55	94,29	5,86	28,00	262,85	103,16	6,70	29,56	394,65	176,44	4,53	45,75
HA	Ap	961	8,50	3556,65	3210,39	12,90	617,21	3573,29	3265,28	14,17	646,34	5211,39	4022,12	18,21	717,90
HA	Go	962	8,50	3550,23	2816,67	12,62	630,10	3766,75	3129,44	14,47	721,52	5291,89	4856,05	17,72	929,67
HA	Gro	963	7,70	2995,68	1604,11	13,61	407,40	3266,88	1434,23	16,52	489,92	6645,53	2680,78	19,14	730,71
HA	Gor	964	6,50	596,34	181,13	7,41	29,77	702,70	213,61	8,32	29,55	915,63	359,74	8,93	52,05
HA	Gr	965	6,60	265,17	148,23	5,86	27,34	389,02	176,91	7,91	34,03	675,54	315,01	7,46	64,79
HA	Ap	1011	8,40	3952,09	3240,48	16,53	596,47	3626,05	3523,99	17,48	555,53	6202,07	5090,52	21,43	815,95
HA	Go	1012	8,50	4090,30	3835,53	20,56	524,02	4343,41	3465,22	25,16	667,81	7533,75	6124,84	26,40	914,63
HA	Gro	1013	8,10	2570,98	1989,90	13,65	390,87	2470,89	1447,04	11,27	337,52	5534,56	2877,47	14,52	631,05
HA	Gor	1015	7,20	103,70	72,00	5,18	28,97	240,71	100,21	7,08	23,22	418,75	277,15	7,67	45,87
HA	Gr	1016	6,90	319,58	190,65	6,33	37,48	470,97	259,55	8,43	57,94	623,70	372,52	10,84	93,32
HG	Ap	141	8,40	3294,50	2442,48	10,32	494,48	3132,98	2267,61	11,27	443,52	5949,38	4035,21	16,33	872,49
HG	Go	142	8,80	3055,55	2401,50	11,42	452,20	2720,25	2121,93	11,13	394,50	7248,44	4749,81	22,17	943,28
HG	Gro	143	8,90	2576,51	1829,67	10,18	365,03	2697,34	1949,84	10,57	385,63	6779,71	4884,51	19,90	1087,15
HG	Gor	144	9,00	2708,03	1877,02	9,94	339,42	2465,66	1627,98	10,00	292,58	7187,33	5688,02	21,83	963,90
HG	Gr	146	7,70	3873,45	1540,05	17,14	231,41	3686,96	1343,58	15,76	199,24	5538,66	2719,50	22,09	428,04
HG	Ap	281	8,00	3683,36	2866,85	12,20	548,79	3537,12	2892,14	12,63	522,96	6137,35	3993,71	18,31	875,41
HG	Go	282	7,90	3278,40	2695,16	10,21	483,96	2673,27	2608,97	9,38	382,17	5535,18	4543,46	13,15	850,89
HG	Gro	283	8,20	2716,46	2147,93	8,65	414,70	2596,41	1982,79	9,48	383,39	5630,48	5537,99	18,44	1080,79
HG	Gor	284	7,50	2674,19	1627,63	9,07	310,20	2638,70	1558,98	12,92	283,37	6179,72	3683,68	23,71	738,85
HG	Gr	285	6,70	2772,72	1733,54	12,54	302,38	2536,53	1476,58	9,70	289,91	6601,25	4818,18	29,42	791,18
HG	Ap	341	7,80	3142,62	2292,90	10,43	464,23	2877,87	2058,20	9,93	410,05	6865,82	4695,79	18,01	950,61
HG	Go	342	8,00	2673,00	1678,87	10,21	367,23	2837,94	1563,90	11,55	353,31	5920,19	5462,50	18,54	984,92
HG	Gro	343	8,00	2499,31	1670,81	9,23	323,42	2548,94	1458,20	11,43	307,06	6441,20	4993,73	17,11	947,00
HG	Gor	344	8,30	2573,02	1691,29	10,42	294,38	3163,07	1205,45	12,05	202,05	6963,65	5054,29	22,10	857,30
HG	Gr	345	6,70	2674,33	1224,42	9,90	212,77	3783,69	1678,95	14,02	324,89	6547,98	4678,10	20,07	876,09
HG	Ap	441	6,20	3787,75	3251,52	15,01	541,18	3788,78	3565,75	16,01	593,16	7062,77	5833,21	25,59	807,77
HG	Go	442	7,80	3682,12	3443,45	11,89	612,47	3485,04	3043,31	12,17	600,36	7582,69	6197,20	22,08	1132,33
HG	Gro	443	8,10	3355,18	2631,10	11,64	439,00	3879,68	3200,76	13,28	539,07	6715,48	5140,03	21,53	784,46
HG	Gor	444	6,70	2507,83	1404,86	11,63	231,23	2553,89	1619,88	10,70	239,86	5497,46	4377,34	19,36	632,82
HG	Gr	445	6,20	1014,91	316,54	7,29	56,47	923,97	272,26	4,94	41,06	3058,94	954,71	13,44	175,37
HW	Ah	111	7,50	3644,73	2396,66	19,90	492,42	3966,28	2815,67	17,51	500,20	6453,13	3981,59	22,63	485,77
HW	Go	112	7,50	4742,07	2525,05	21,12	493,37	5966,74	3183,65	24,05	700,42	9842,83	5326,64	35,70	868,89
HW	Gro	113	7,10	5690,01	4456,23	22,93	804,78	6506,84	4270,48	25,61	757,96	10776,99	7784,96	43,62	973,59
HW	Gor	114	7,00	3311,34	1149,68	14,89	202,93	3099,09	650,02	13,15	117,71	8227,15	1689,07	26,31	217,81
HW	Gr	115	7,20	568,60	105,57	5,23	27,41	524,60	97,59	2,71	13,83	838,85	276,94	9,47	62,77
HW	Ah	131	7,50	3770,28	2512,94	26,39	541,53	4197,95	2569,69	26,50	527,33	5865,42	4211,89	29,99	530,85
HW	Go	132	7,20	3348,17	2318,85	13,02	465,25	3736,95	2201,23	14,26	456,76	8244,55	5444,50	23,61	939,10
HW	Gro	133	7,30	3941,34	2326,59	16,77	404,60	3445,81	1958,09	16,57	361,25	7921,84	4368,61	31,79	607,67
HW	Gor	134	6,60	1325,79	399,80	8,97	73,77	1051,97	340,61	14,84	49,75	2159,03	822,78	15,33	52,53
HW	Gr	135	7,30	4891,35	2147,39	24,34	32,49	440,67	227,52	4,18	36,69	710,18	238,32	6,63	52,62
HW	Ah	271	7,00	4088,66	2859,80	17,99	408,89	5587,20	2183,49	20,46	335,86	7477,64	5011,76	24,79	461,26
HW	Go	273	7,10	5292,44	3321,59	25,90	496,46	5090,86	3061,98	26,68	478,16	10124,31	6597,49	39,60	772,78
HW	Gro	274	6,50	5066,34	2374,62	22,88	408,19	6691,33	2363,79	29,26	558,58	11593,53	7129,93	39,44	780,75
HW	Gor	277	4,20	879,02	238,76	7,64	43,00	1031,66	289,64	11,55	52,80	2023,91	787,75	10,75	98,77

				Feinsandfraktion incl. aggutiniertem Anteil				Feinsandfraktion excl. aggutiniertem Anteil				Tonfraktion			
UG	Bhz	Bez	pH	Zn	Pb	Cd	Cu	Zn	Pb	Cd	Cu	Zn	Pb	Cd	Cu
HW	Gr	278	4,90	438,45	125,66	6,17	29,05	487,01	190,89	10,05	29,49	496,77	268,47	12,04	62,10
HW	Ah	371	7,30	4643,29	2289,84	25,38	405,21	4201,20	2075,39	28,60	388,12	6250,74	5769,29	12,77	639,83
HW	Go	372	6,90	3293,87	5782,89	16,16	798,05	3086,88	5613,86	23,66	910,51	6603,58	6129,76	24,44	731,38
HW	Gro	374	6,10	3017,24	4180,26	15,53	446,81	2807,74	3837,02	22,49	464,34	4665,76	6026,73	16,57	453,83
HW	Gor	376	6,20	781,07	139,98	7,32	26,57	706,99	129,91	9,97	24,48	1372,31	396,53	8,48	41,81
HW	Gr	377	6,80	390,18	138,63	8,08	34,47	478,73	166,03	13,34	37,32	850,93	343,75	8,56	61,36
HW	Ah	621	7,20	4003,02	2955,39	22,59	545,02	4600,01	3432,19	31,60	686,85	7070,88	5157,77	35,18	655,94
HW	Go	622	7,00	3210,00	2959,87	21,11	486,76	3355,66	2559,65	19,74	429,88	5717,82	3789,61	21,16	592,51
HW	Gro	623	7,00	2901,18	1851,95	13,45	329,14	2905,15	1735,65	15,71	308,17	5185,14	2983,02	18,96	485,18
HW	Gor	624	6,60	839,12	252,48	8,24	36,46	739,06	190,75	11,85	27,99	1685,51	369,54	15,01	73,99
HW	Gr	625	6,50	276,15	129,39	5,97	33,83	376,81	196,63	9,43	35,39	943,80	455,73	11,95	109,76
HW	Ah	941	6,20	4182,98	3467,01	30,86	703,97	4853,65	3688,93	37,74	798,02	5891,42	4822,15	33,77	534,59
HW	Go	942	6,30	5416,30	5134,53	28,24	833,09	6125,85	5196,07	40,64	928,88	6863,39	5804,21	27,11	794,25
HW	Gro	943	6,10	2406,48	2357,58	10,95	310,78	2774,25	2480,60	16,34	320,40	3887,98	3125,98	24,54	456,98
HW	Gor	944	5,90	251,58	91,88	5,23	23,47	336,93	111,80	12,67	23,35	625,40	227,97	6,81	48,47
HW	Gr	945	5,80	279,75	126,75	8,12	34,59	468,39	182,54	16,06	42,16	561,53	319,92	11,89	88,31
VA	Ap	131	7,30	1030,98	278,51	6,53	110,03	1078,09	309,73	5,17	103,51	2432,44	567,66	11,47	190,80
VA	II(Go)M	133	7,60	1173,40	331,71	5,78	147,07	1100,90	356,79	5,90	98,97	2569,16	608,02	8,08	276,74
VA	Ap	141	7,50	827,77	252,66	6,75	105,41	829,68	259,86	8,17	94,64	2034,66	576,83	11,13	170,51
VA	II(Go)M	143	7,60	943,41	295,92	5,43	128,22	930,25	337,90	8,55	98,56	1604,48	442,56	9,45	198,01
VA	Ap	171	7,50	844,16	255,35	6,46	102,02	798,73	243,64	8,33	80,27	1869,19	484,93	10,46	160,93
VA	II(Go)M	174	7,80	387,75	214,05	4,14	52,31	780,48	271,67	8,89	74,44	1448,87	577,21	10,71	169,18
VA	Ap	231	8,00	919,27	268,53	6,73	98,58	1110,55	304,63	9,79	95,76	1827,22	444,90	10,25	253,82
VA	II(Go)M	233	8,30	756,14	226,76	5,62	89,79	783,66	241,98	9,40	81,72	2324,44	547,91	7,32	340,55
VA	Ap	411	7,80	982,08	272,40	5,96	137,14	1089,10	331,93	7,72	132,86	3195,92	655,13	9,78	563,93
VA	II(Go)M	413	8,00	1063,48	269,77	6,14	164,71	1388,78	281,66	5,14	206,60	2939,57	690,11	9,33	416,00
VA	Ap	471	8,10	856,78	260,81	5,80	103,67	693,05	216,54	9,54	71,57	1680,40	419,08	8,54	167,09
VA	II(Go)M	473	8,40	345,00	78,17	4,50	97,65	456,47	146,77	4,12	52,57	978,15	314,05	8,83	138,98
VG	Ap	121	7,90	693,47	257,98	6,97	93,01	747,54	209,84	5,21	85,29	1517,61	489,95	10,08	196,25
VG	II(Go)M	123	7,90	211,08	63,87	6,31	33,72	268,54	162,46	3,93	28,71	944,01	268,08	8,48	80,44
VG	Ap	371	7,50	825,87	289,46	6,80	140,08	828,03	262,73	8,75	123,72	2052,03	460,67	7,90	286,65
VG	II(Go)M	373	8,10	305,17	109,26	5,24	67,48	407,96	150,58	7,05	65,58	1095,54	366,19	7,88	168,65
VG	Ap	441	8,30	611,67	269,83	7,44	111,17	718,42	246,80	9,25	108,86	1484,61	444,45	7,17	211,72
VG	II(Go)M	443	8,30	430,09	161,61	5,63	85,59	579,06	191,74	9,62	93,54	1235,62	416,94	7,17	196,77
VG	Ap	551	8,00	538,75	236,69	6,55	105,69	670,17	216,28	8,51	95,11	1686,15	495,06	7,17	251,29
VG	II(Go)M	553	8,10	413,42	118,93	6,55	78,53	460,41	130,33	8,71	69,03	1450,18	182,88	9,24	176,60
VG	Ap	571	8,00	548,11	260,77	5,59	88,90	578,54	254,88	8,75	79,75	1072,87	335,05	7,17	133,65
VG	II(Go)M	573	8,50	331,83	106,02	6,13	60,16	472,53	144,50	9,74	63,55	738,45	233,23	7,04	124,06
VG	Ap	581	7,80	591,23	247,21	8,06	89,16	637,20	324,21	4,68	85,41	1277,89	503,79	11,55	142,81
VG	II(Go)M	583	8,10	458,71	172,41	5,70	81,00	586,35	163,00	9,56	67,84	974,59	365,20	8,31	139,82
VW	Ah	221	6,60	1058,86	492,23	12,08	154,66	1238,11	654,90	12,00	182,62	1669,09	595,08	11,52	210,86
VW	II(Go)M	222	6,70	981,66	371,27	7,54	165,07	1053,20	467,09	6,65	139,60	1445,95	505,32	8,75	161,79
VW	Ah	411	5,80	816,74	429,22	10,64	152,66	883,40	434,69	6,03	163,35	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00
VW	II(Go)M	412	5,90	757,66	376,68	7,99	152,66	952,89	398,76	4,87	187,98	-99,00	-99,00	-99,00	-99,00
VW	Ah	531	5,60	820,90	742,23	9,25	185,74	1104,97	907,91	9,72	210,11	1413,21	1446,29	12,79	292,66
VW	II(Go)M	532	5,80	984,83	535,32	7,91	261,47	1441,86	939,74	7,53	360,47	2746,43	1218,34	9,97	509,51
VW	Ah	621	6,20	838,02	444,87	8,32	126,97	870,67	626,34	7,68	137,85	1185,01	622,51	3,36	175,46
VW	II(Go)M	622	6,50	886,91	336,87	5,94	127,84	1309,88	529,06	5,04	191,16	1726,34	557,80	7,24	222,77

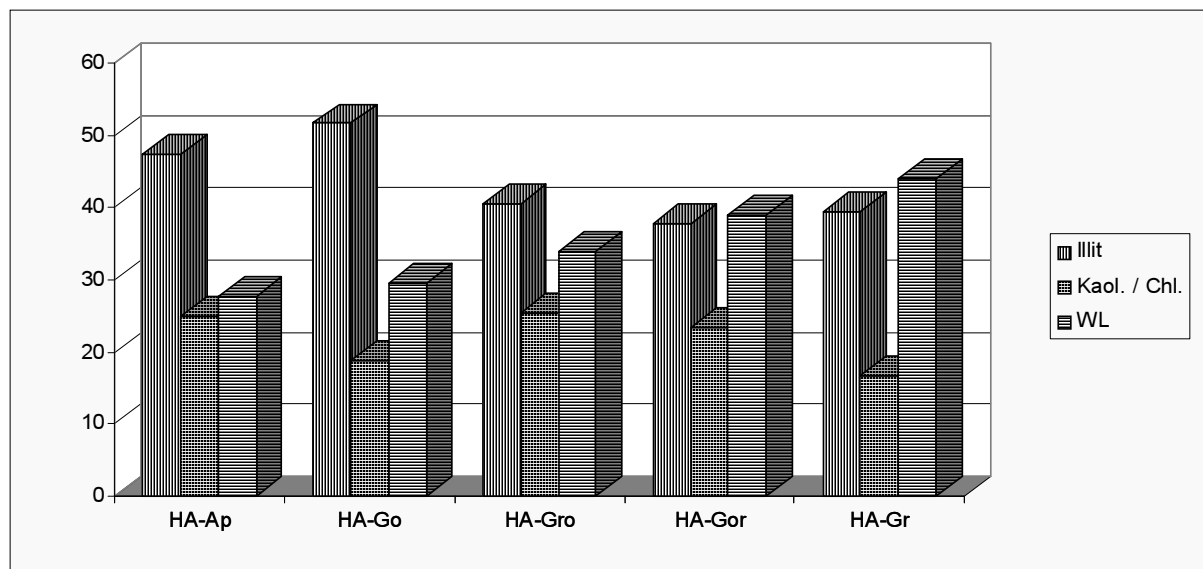
F Röntgenphasenanalyse

F.1 Auswertung der Röntgendiffraktogramme

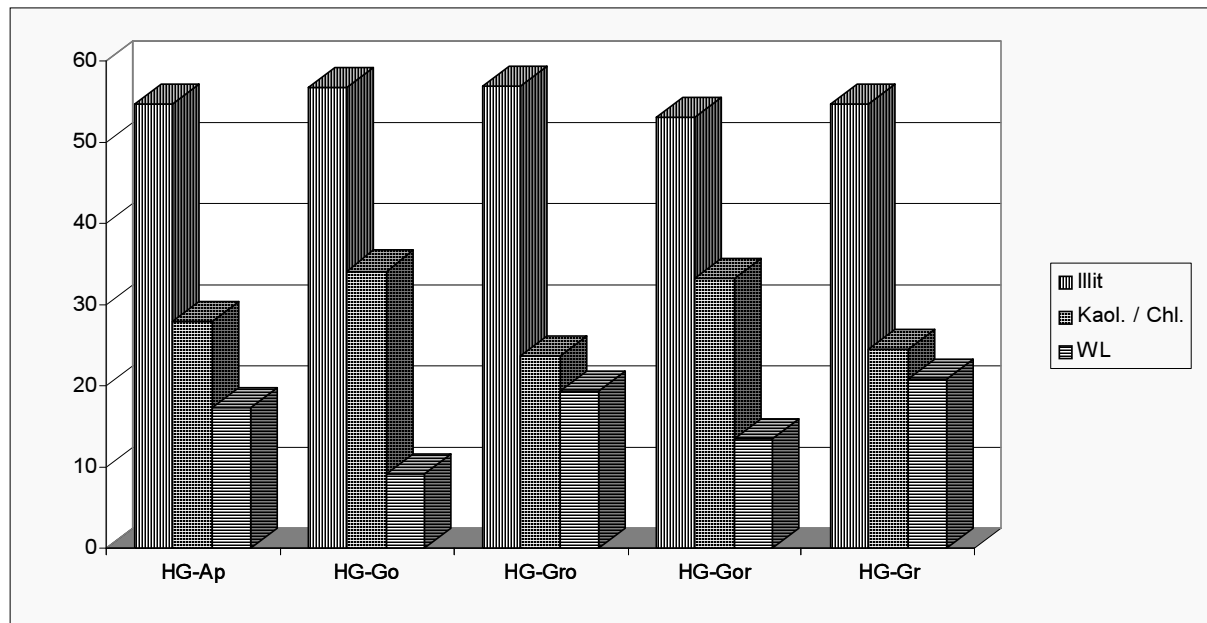
Untersuchungsgebiet	Bhz	Wl	I/M	Cor	Gips	Chl	Ab	Qz	Kf	Plag	Ca	Do	Ba	Hbl
Heiningen Acker	Ap	2	3	0	0	2	1	5	2	2	5	2	0	0
	Go	2	3	0	1	2	2	5	2	2	5	3	0	0
	Gro	3	3	1	0	3	1	4	3	3	4	2	0	1
	Gor	3	2	0	0	3	2	4	3	5	3	2	0	1
	Gr	3	2	1	0	2	1	5	2	5	3	1	0	0
Heiningen Grünland	Ap	3	3	1	0	2	2	5	3	3	4	3	0	0
	Go	1	4	1	1	3	1	4	2	4	3	2	1	0
	Gro	2	3	0	0	2	2	4	2	3	4	3	1	1
	Gor	3	2	0	0	3	0	4	3	4	2	3	2	1
	Gr	3	3	0	1	2	2	4	3	4	3	3	1	1
Heiningen Wald	Ah	2	2	0	0	0	1	4	2	2	3	0	0	1
	Go	3	3	0	0	1	1	5	2	2	4	0	0	1
	Gro	3	3	1	0	0	2	3	1	1	3	2	0	0
	Gor	3	2	1	0	1	2	4	2	2	2	1	0	0
	Gr	2	2	0	0	0	1	4	3	4	1	1	0	0
Vienenburg Acker	Ap	1	2	0	0	0	0	4	2	4	3	0	0	2
	II(Go)M	2	2	1	0	1	0	4	1	5	3	0	0	2
Vienenburg Grünland	Ap	2	2	0	0	1	1	4	3	3	2	1	0	1
	II(Go)M	2	2	0	0	1	2	4	2	4	3	1	0	1
Vienenburg Wald	Ah	1	2	1	0	0	2	5	3	4	4	2	0	3
	II(Go)M	1	2	1	0	1	1	4	3	5	3	2	0	2

Auswertung der Röntgendiffraktogramme (Relative Anteile: 0 = nicht vorhanden, 1 = sehr wenig, 2 = wenig, 3 = mittel, 4 = viel, 5 = sehr viel); Wl = Wechsellagerungsminerale, I/M = Illit/Montmorillonit, Cor = Cordierit, Chl = Chlorit, Ab = Albit, Qz = Quarz, Kf = Kalifeldspat, Plag = Plagioklas, Ca = Calcium, Do = Dolomit, Ba = Baryt, Hbl = Hornblende

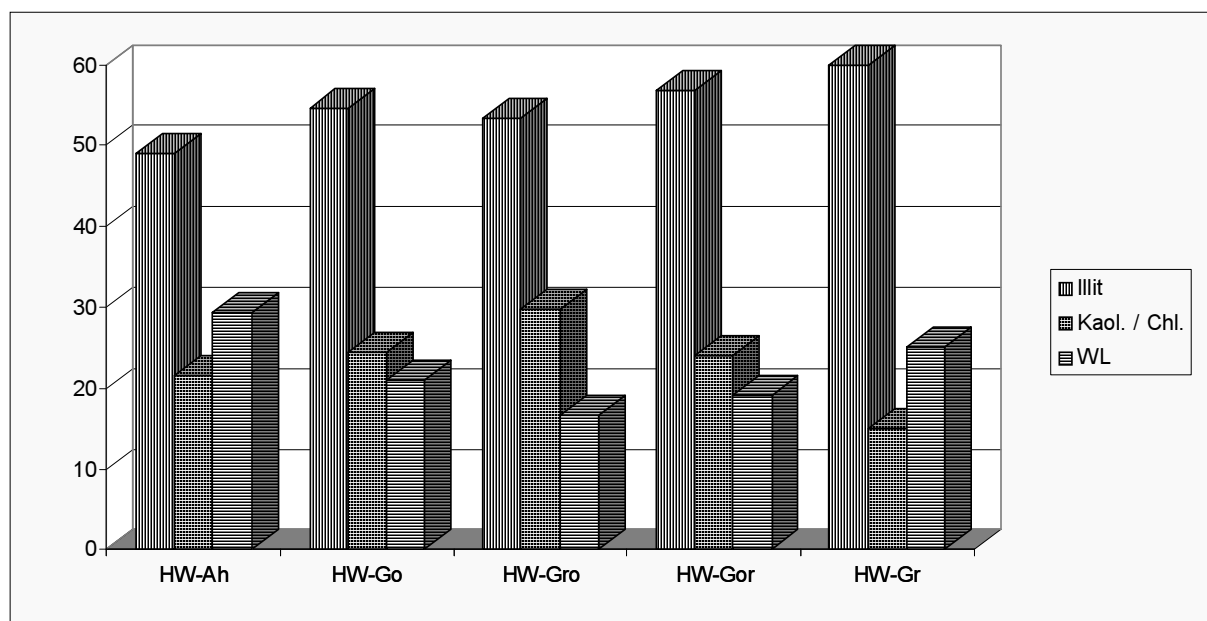
F.2 Zusammensetzung der tonmineralogischen Phasen



Darstellung der tonmineralogischen Phasen in den Bodenhorizonten des Standortes Heiningen Acker (Angaben in %; WL = Illit / Smectit-Wechsellagerungen)



Darstellung der tonmineralogischen Phasen in den Bodenhorizonten des Standortes Heiningen Grünland (Angaben in %; WL = Illit / Smectit-Wechselagerungen)

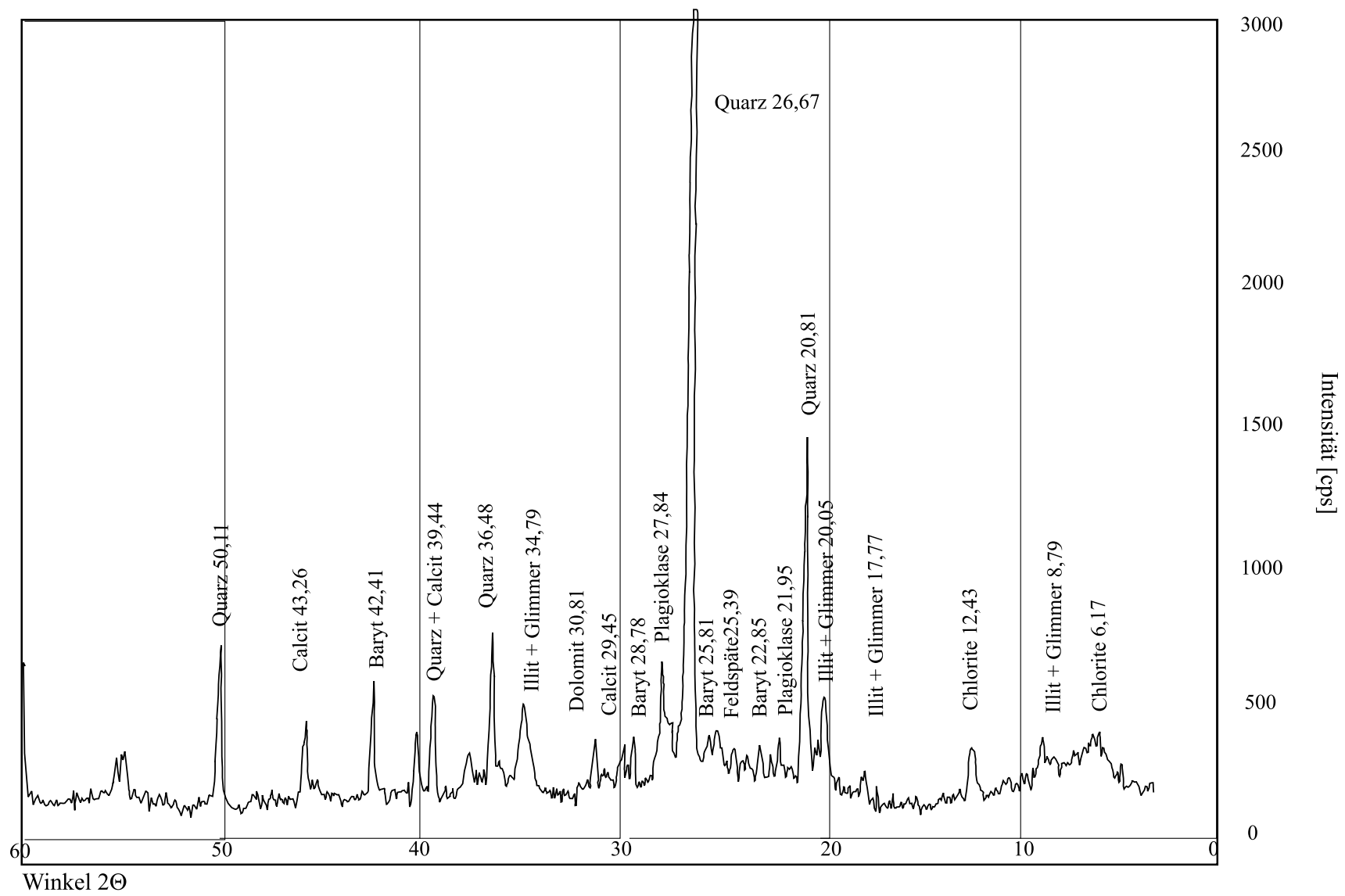


Darstellung tonmineralogischen Phasen in den Bodenhorizonten des Standortes Heiningen Wald (Angaben in %; WL = Illit / Smectit-Wechselagerungen)

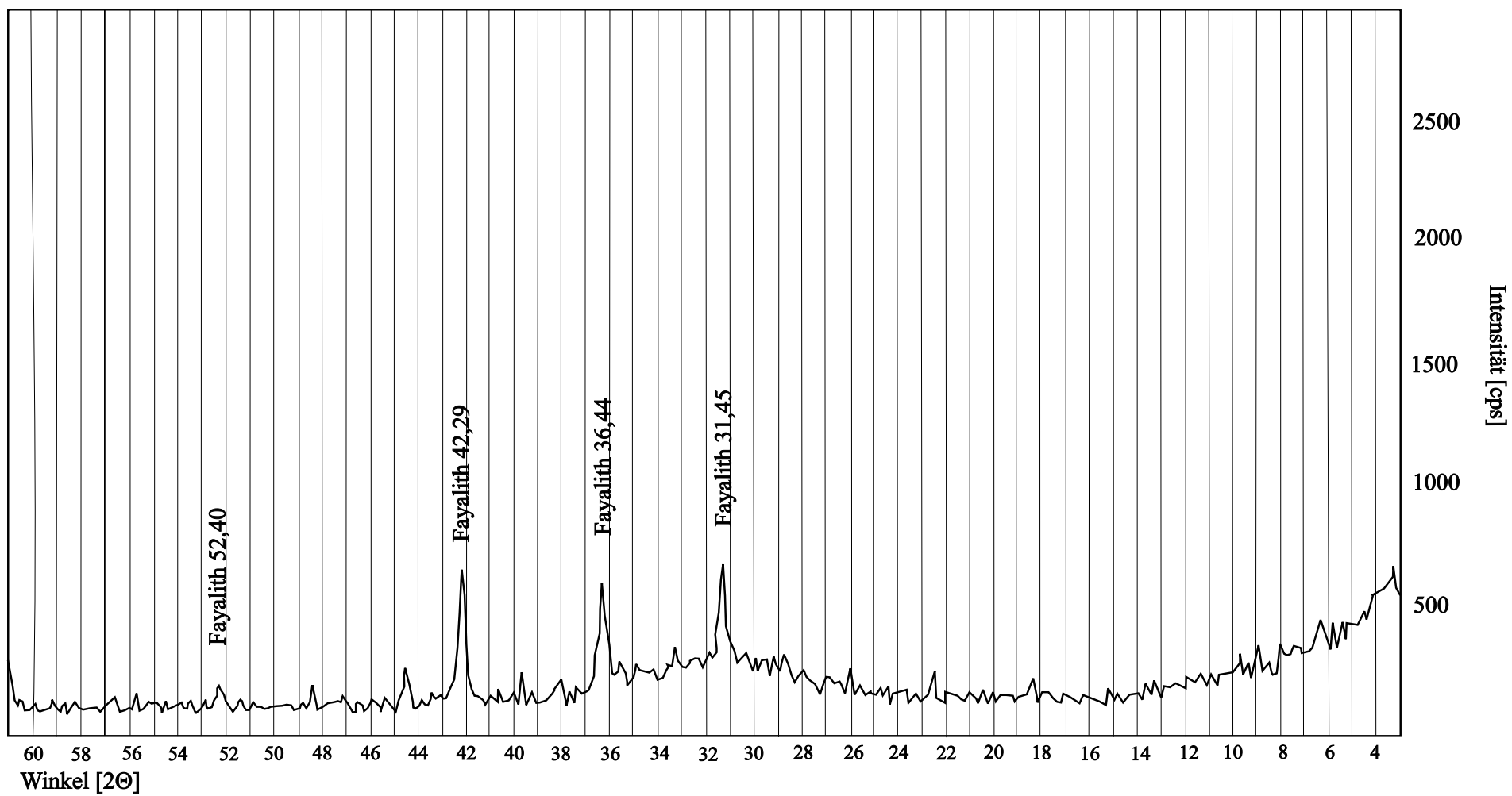
Bhz	Illit	Kaol. / Chl.	WL
HA-Ap	47,39	24,95	27,66
HA-Go	51,61	18,76	29,63
HA-Gro	40,62	25,48	33,9
HA-Gor	37,75	23,33	38,93
HA-Gr	39,35	16,78	43,87
HG-Ap	54,73	27,89	17,38
HG-Go	56,65	34,18	9,17
HG-Gro	57,04	23,59	19,37
HG-Gor	53,11	33,36	13,52
HG-Gr	54,66	24,57	20,77
HW-Ah	48,96	21,58	29,47
HW-Go	54,59	24,42	20,99
HW-Gro	53,36	29,87	16,77
HW-Gor	56,78	24,1	19,12
HW-Gr	59,87	15,12	25,01
VA-Ap	57,5	23,78	18,72
VA-II(Go)M	55	20,5	24,5
VG-Ap	54,78	19,8	25,42
VG-II(Go)M	47,65	24,3	28,05
VW-Ah	68,7	19	12,3
VW-II(Go)M	59,6	26,8	10,6

Zusammensetzung der tonmineralogischen Phasen innerhalb der einzelnen Bodenhorizonte (Angaben in %; WL = Illit / Smectit-Wechselagerungen; Kaol. / Chl. = Kaolinit / Chlorit; HA = Heiningen Acker; HG = Heiningen Grünland; HW = Heiningen Wald;

F.3 Röntgendiffraktogramme



Röntgendiffraktogramm der Bodenprobe HG 456 (Heiningen Grünland)



Röntgendiffraktogramm Schlackenprobe (Heiningen Grünland, Mischprobe)

G Bohrprotokolle

Untersuchungsgebiet Heiningen Acker (HA)				
Bezeichnung	Teufe (m)	Stratigraphie	Petrogr./Genese/Farben/Formenelemente und Zusatzzeichen	Bemerkung
1.1.1	0,25	qh	fS; u2/ bo/ bn	*
1.1.2	0,80	qh	U; fs4, t2/ dbn	
1.1.3	1,20	qh	U; t4, fs2/ grbn	
1.1.4	1,30	qh	fS; g4/ gr	
1.1.5	2,00	qh	T; u4, fs3/ gr	
1.1.6	3,00	qh	S; g, t1/ gr	
				gw 2,20m*
1.2.1	0,25	qh	fS; u2/ bo/ bn	*
1.2.2	0,80	qh	U; fs4, t1/ dbn	
1.2.3	1,00	qh	U; t4, fs2/ grbn	
1.2.4	1,20	qh	T; u3, fs1/ gr	
1.2.5	1,50	qh	T; u2, s2/ gr	
1.2.6	3,00	qh	mG; gs3/ bn	
				gw kve*
1.3.1	0,40	qh	fS; u2/ dbn	
1.3.2	1,00	qh	U; fs3, t1, slr/ dbn	
1.3.3	1,50	qh	U; t4, fs2, efle2/ gr	
1.3.4	2,50	qh	T; fg3, mg2, lag(mS)/ gr	
1.3.5	3,00	qh	mG; ms3, t2/ Gr	
				gw
1.4.1	0,25	qh	fS; u3, t1/ dbn	
1.4.2	1,00	qh	U; fs3, t2/ dbn	
1.4.3	1,80	qh	T; u3/ gr	
1.4.4	1,85	qh	T; lag(h)/ bn	
1.4.5	2,05	qh	T; u2,fs2/ grbl	
1.4.6	3,00	qh	T; lag(S)/ gr	
1.5.1	0,40	qh	fS; u1/ dbn	
1.5.2	0,90	qh	U; fs2, t2/ dbn	
1.5.3	1,10	qh	T; u4, fs2, efle/ gr	
1.5.4	1,80	qh	T; u3,fs1; econ/ gr	
1.5.5	2,20	qh	gS; t3, fg2/ gr	
				gw,kve
1.6.1	0,30	qh	fS; u1,ms2/ bn	
1.6.2	0,70	qh	fS; u4/ bn	
1.6.3	1,40	qh	U; fs3,t2/grbn/ efle,econ	
1.6.4	2,80	qh	T, u3,lag(fg,gs)/ efle	
				gw 2,20
1.7.1	0,40	qh	fS; u2,ms2/ bn	
1.7.2	0,90	qh	U; fs4,lag(fg)/ dbn	
1.7.3*	1,00	qh	fG; gS3/ / /	
1.7.4	1,50	qh	U; t4,fs2/ efle	
1.7.5	2,10	qh	T; u2/ grbl	
1.7.6	2,75	qh	T; (lag fg)/ grbl	
1.7.7	3,00	qh	T; fs2,u1/ grgn	
1.8.1	0,55	qh	U; fs4/ bn	
1.8.2	0,80	qh	U; fs3/ bn	
1.8.3*	1,00	qh	gS; fg3/ / /	
1.8.4	1,55	qh	U; t3/ efle	
1.8.5*	1,60	qh	T; hu/ dbn	
1.8.6	3,00	qh	T; u2,fs1/ gr	
1.9.1	0,30	qh	fS; u3/ bn	
1.9.2	1,00	qh	U; fs3,t2/ dbn	
1.9.3	1,40	qh	U; t4/ efle	
1.9.4*	1,44	qh	T; lag(fe)/ /rstbn	
1.9.5*	1,80	qh	T; u3,h/ gr	
1.9.6	2,00	qh	T; u2,fs2/ blgr	
1.10.1	0,30	qh	U; fs3/ bn	
1.10.2	1,20	qh	U; fs2,t2/ dbn	
1.10.3	1,40	qh	T; u4/ efle	
1.10.4*	1,60	qh	T; u2,lag(fg)/ gr	
1.10.5*	1,80	qh	T; u1,lag(h)/ grbl	
1.10.6	2,00	qh	T; u1,fs1/ grbl	
1.11.1	0,25	qh	U; fs3/ / bn	
1.11.2	1,00	qh	U; t3,fs2/ / dbn	
1.11.3	1,60	qh	T; fs2,lag(fg)/ efle	
1.11.4	2,00	qh	T; lag(h)/ grbl	
2.1.1	0,50	qh	U; fs3/ / bn	
2.1.2	1,00	qh	U; fs3,t1/ / dbn/ efle	

Untersuchungsgebiet Heiningen Acker (HA)				
Bezeichnung	Teufe (m)	Stratigraphie	Petrogr./Genese/Farben/Formenelemente und Zusatzzeichen	Bemerkung
2.1.3	1,40	qh	T; u3,fs1/ efle	
2.1.4	2,00	qh	T; u2,fs2/ hbg/ efle	
2.2.1	0,50	qh	U; fs4/ / bn	
2.2.2	1,00	qh	U; fs2/ / bn/ hgl	
2.2.3	1,20	qh	U; fs2,t1/ dbn/ efle	
2.2.4	1,80	qh	T; u3/ r/ efle	
2.2.5	2,00	qh	T; u1,fs1/ gr	
2.3.1	0,50	qh	U; fs4/ / bn	
2.3.2	0,85	qh	U; fs3/ / dbn/efle	
2.3.3*	0,90	qh	U; lag(fe)/ / rstbn	
2.3.4	1,60	qh	U; t3,fs2/ efle	
2.3.5	2,00	qh	T; fs4,u2,lag(fg)/ gr	gw
2.4.1	0,45	qh	U; fs3/ / bn	
2.4.2	0,90	qh	U; fs2,t1/ / dbn	
2.4.3*	1,00	qh	U; lag(fe)/ / rstbn	
2.4.4	1,60	qh	T; u3/ efle	
2.4.5	2,00	qh	T; fs4/ gr	
2.5.1	0,45	qh	U; fs3/ / bn	
2.5.2	0,90	qh	U; fs2, ms1/ / dbn/	
2.5.3*	1,00	qh	U; lag(fe)/ /rstbn	
2.5.4	1,65	qh	T; u3,fs1/ efle	
2.5.5	2,00	qh	T; fg1/ gr	
2.6.1	0,40	qh	U; fs2/ / bn	
2.6.2	0,85	qh	U; fs2,ms1/ / bn	
2.6.3*	1,00	qh	U; fs2/ / dbn	
2.6.4*	1,10	qh	U; fe(lag)/ /rstbn	
2.6.4	1,30	qh	T; u4,fs2/ efle	
2.6.5	2,00	qh	T; u1,fs2/ gr	
2.7.1	0,40	qh	U; fs3/ / bn	
2.7.2	0,90	qh	U; fs2,u1/ / dbn	
2.7.3*	1,00	qh	U; fe(lag)/ /rstbn/ hzk	
2.7.4*	1,30	qh	U; gs(lag),fe(lag)/ /rstbn/ hzk	
2.7.5	1,60	qh	T; u3/ efle	
2.7.6	2,00	qh	T; lag(fg)/ gr	
3.1.1	0,30	qh	fS; u3/ / bn	
3.1.2	0,50	qh	U; fs2/ / bn	
3.1.3*	0,80	qh	U; fs2,lag(h)/ dbn	
3.1.4	1,00	qh	U; fs2,t3/ grbn	
3.1.5	1,50	qh	T; lag(s,fg)/ gr	gw,kv
3.2.1	0,40	qh	U; fs3/ / bn	
3.2.2	0,90	qh	U; t3/ / bn	
3.3.3	2,00	qh	T; fs2,u2/ gr	gw 1,30 m,kv
3.3.1	0,40	qh	U; fs3/ / bn	
3.3.2	0,90	qh	U; fs2,t2/ / bn	
3.3.3	1,90	qh	U; fs1,t3/ gr	
3.4.1	0,40	qh	U; fs3/ / bn	
3.4.2	0,90	qh	U; fs2,t1/ / bn	
3.4.3	1,40	qh	T; u2/ gr	
3.4.4*	2,00	qh	T; lag(fg,s)/ gr	gw,kv
3.5.1	0,40	qh	U; fs3/ / bn	
3.5.2	0,90	qh	U; fs2,t1/ / bn	
3.5.3	1,00	qh	U; lag(fe,h)/ /swrt	
3.5.4	1,30	qh	T; u2/ hgr	
3.5.5	2,00	qh	T; lag(fs,fg)/ gr	gw
3.6.1	0,30	qh	U; fs3/ / bn	
3.6.2	0,90	qh	U; fs3,t2/ / bn	
3.6.3	1,50	qh	U; t4,lag(hzk)/ gr	
3.6.4*	2,00	qh	T; (lag,fs,fg)/ / gr	gw,kv
3.7.1	0,40	qh	U; fs3/ / bn	
3.7.2*	0,60	qh	U; lag(h)/ / swbn	
3.7.3	0,80	qh	U; fs2,t2/ /gn	
3.7.4	1,30	qh	T; u3/ gr	
3.7.5	2,00	qh	T; u2,fs2/ dkgr	gw
3.8.1	0,40	qh	U; fs3/ / bn	
3.8.2	0,90	qh	U; fs2,t1/ / bn	
3.8.3	1,20	qh	U; t2/ bn	

Untersuchungsgebiet Heiningen Acker (HA)				
Bezeichnung	Teufe (m)	Stratigraphie	Petrogr./Genese/Farben/Formenelemente und Zusatzzeichen	Bemerkung
3.8.4*	1,30	qh	U; lag(fg,s)/ / gr	gw
3.8.5	1,90	qh	T; u3,fs1/ gr	
3.8.6	2,00	qh	T, u2, fs1/ blgr	
4.1.1	0,40	qh	U; fs3/ / bn	gw
4.1.2	0,80	qh	U; fs2,t1/ / bn	
4.1.3	1,55	qh	T; u3,lag(h,fe)/ gr	
4.1.4	2,00	qh	T, u2, fs1,(lag fg)/ dbn	
4.2.1	0,50	qh	U, fs2/ / bn	
4.2.2	0,80	qh	U; fs2,t2/ / bn	
4.2.3	1,45	qh	U; t3/ gr	
4.2.4*	1,70	qh	T; fs4,ms3,lag(fg)/ / gr	
4.2.5	2,00	qh	T; u3,fs2/ hgr	
4.3.1	0,40	qh	U; fs4/ / bn	gw
4.3.2	0,90	qh	U; fs2,t1/ / bn	
4.3.3	1,30	qh	T; u3,lag(h,fe)/ gr	
4.3.4	1,50	qh	T, u2, fs1/ dgr	
4.4.1	0,50	qh	U; fs3/ / bn	
4.4.2	0,80	qh	U; fs2,t1/ / bn	
4.4.3*	0,95	qh	U; lag(fe)/ / bn	
4.4.4*	1,00	qh	U; lag(h)/ / swbn	
4.4.5	2,00	qh	T; u3/ gr	
4.5.1	0,50	qh	U; fs3/ / bn	
4.5.2*	0,70	qh	mS; fs,u/ / bn	
4.5.3	0,90	qh	U; fs2/ / bn	
4.5.4*	0,93	qh	U; lag(fe)/ / rstbn	
4.5.5*	1,00	qh	U; lag(fe,h)/ / rstbn	
4.5.6	2,00	qh	T; u3,fs2/ gr	
4.6.1	0,40	qh	U; fs3/ / bn	
4.6.2*	0,55	qh	U; fs2,fg1/ / bn	
4.6.3*	0,70	qh	gS; fs,fg/ / bn	
4.6.4	0,85	qh	U; fs2,t2/ / bn	
4.6.5*	0,90	qh	U; lag(fe)/ / rstbn	
4.6.6*	0,95	qh	U; lag(fe,h)/ / rstbn	
4.6.7*	1,00	qh	U; lag(h)/ / dbn	
4.6.8	2,00	qh	T; u2,lag(s)/ gr	
4.7.1	0,50	qh	U; fs3/ / bn	
4.7.2	0,75	qh	U; fs2,t2/ / bn	
4.7.3	1,20	qh	U; t3/ gr	
4.7.4*	1,30	qh	U; lag(fg)/ / gr	
4.7.5	2,00	qh	T; u3,s2/ gr	
4.8.1	0,35	qh	U; fs3/ / bn	
4.8.2	0,80	qh	U; fs2,t1/ / bn	
4.8.3	1,05	qh	U; t2/ bn	
4.8.4*	1,10	qh	U; lag(fe)/ / rstbn	
4.8.5	1,95	qh	T; u3,lag(s)/ hgr	
5.1.1	0,50	qh	U; fs3/ / bn	
5.1.2	0,80	qh	U; fs2,t2/ / bn	
5.1.3*	0,90	qh	U; lag(fe,h)/ / rstbn	
5.1.4	1,70	qh	T; u3,fs1/ gr	
5.1.5	2,00	qh	T; u1,fs1/ grbl	
5.2.1	0,40	qh	U; fs3/ / bn	
5.2.2	0,90	qh	U; fs2,t2/ / bn	
5.2.3	1,60	qh	T; u3/ gr	
5.2.4	2,00	qh	T; u2/ grbl	
5.3.1	0,40	qh	U; fs3/ / bn	
5.3.2	0,85	qh	U; fs2,t2/ / bn	
5.3.3	1,80	qh	T; u3,fs1/ gr	
5.3.4	2,00	qh	T; u1,lag(s)/ grbl	
5.4.1	0,40	qh	U; fs3/ / bn	gw,kve
5.4.2	0,75	qh	U; fs2,t2/ / bn	
5.4.3*	0,80	qh	U; lag(fg)/ / bn	
5.4.4*	0,85	qh	gS; fs3,ms3/ / gr	
5.4.5*	0,90	qh	U; lag(fe)/ / rstbn	
5.4.6	1,70	qh	T; u3/ gr	
5.4.7*	2,00	qh	T, s/ gr	
5.5.1	0,50	qh	U; fs3/ / bn	

Untersuchungsgebiet Heiningen Acker (HA)				
Bezeichnung	Teufe (m)	Stratigraphie	Petrogr./Genese/Farben/Formenelemente und Zusatzzeichen	Bemerkung
5.5.2	0,90	qh	U; fs4/ / bn	
5.5.3*	1,00	qh	U; t2,lag(fe)/ / rstbn	
5.5.4	1,60	qh	T; u3/ gr	
5.5.5	2,00	qh	T; u3(lagfs,gs)/ gr	
5.6.1	0,40	qh	U; fs3/ / bn	
5.6.2	0,80	qh	U; fs2,t2/ / bn	
5.6.3	1,00	qh	U; lag(fe,h)/ rstbn	
5.6.4	1,50	qh	T; u3/ gr	gw 1,50m, kve
5.7.1	0,40	qh	U; fs3/ / bn	
5.7.2	0,80	qh	U; fs2,t2/ / bn	
5.7.3*	0,95	qh	U; lag(fe)/ / rstbn	
5.7.4*	1,00	qh	T; lag(h)/ / swgr	
5.7.5	2,00	qh	T; u3,fs2/ gr	
5.8.1	0,45	qh	U; fs3/ / bn	
5.8.2	0,90	qh	U; fs2,t2/ / bn	
5.8.3	1,30	qh	T; fs1,u3/ gr	
5.8.4	2,00	qh	T; u2,fs1/ gr	
6.1.1	0,50	qh	U; fs3/ / bn	
6.1.2	0,80	qh	U; fs2/ / bn	
6.1.3	1,50	qh	T; u3,fs2/ gr	
6.1.4	2,00	qh	T; u2/ grbl	
6.2.1	0,40	qh	U; fs3/ / bn	
6.2.2	0,60	qh	U; fs2/ / bn	
6.2.3	1,80	qh	T; u2,fs1/ gr	
6.3.1	0,30	qh	U; fs3/ / bn	
6.3.2*	0,50	qh	gS; fs,fg/ / bn	
6.3.3	0,90	qh	U; fs3,t2/ / bn	
6.3.4*	0,95	qh	gS; fg/ / bn	
6.3.5	2,00	qh	T; u2,fs1/ gr	
6.4.1	0,40	qh	U; fs3/ / bn	
6.4.2	0,60	qh	U; fs2/ / bn	
6.4.3	1,00	qh	U; t2/ bn	
6.4.4	2,00	qh	T; u3,fs1/ gr	hzkcon
6.5.1	0,40	qh	U; fs3/ / bn	
6.5.2*	0,55	qh	gS; fs/ / bn	
6.5.3	0,85	qh	U; fs2,t2/ / bn	
6.5.4*	0,90	qh	gS; fg/ / bn	
6.5.5*	1,00	qh	U; lag(fe)/ / bn	
6.5.6	2,00	qh	T; fs1,u2/ gr	
6.6.1	0,40	qh	U; fs3/ / bn	
6.6.2*	0,45	qh	gS; fg/ / bn	
6.6.3	0,90	qh	U; fs2,t1/ / bn	
6.6.4	2,00	qh	T; u3,fs2/ gr	
6.7.1	0,40	qh	U; fs3/ / bn	
6.7.2*	0,55	qh	gS; fg/ / bn	
6.7.3	1,00	qh	U; fs2,t2/ / bn	
6.7.4	1,80	qh	T; u2/ gr	
6.8.1	0,45	qh	U; fs3/ / bn	
6.8.2	0,70	qh	U; fs2,t2/ / bn	
6.8.3*	0,76	qh	gS; fg/ / bn	
6.8.4	1,05	qh	U; fs2,t2/ bn	
6.8.5	2,00	qh	T; u3,lag(s)/ gr	
7.1.1	0,50	qh	U; fs3/ / bn	
7.1.2*	0,85	qh	gS; fg3/ / bn	
7.1.3	1,10	qh	U; fs2/ / bn	
7.1.4	1,60	qh	T; u2,fs2/ gr	
7.1.5*	1,65	qh	S; lag(s)/ / hbn	
7.1.6	2,00	qh	T; u2,fs1/ hgr	
7.2.1	0,50	qh	U; fs3/ / bn	
7.2.2	0,80	qh	U; fs2,t2/ / bn	
7.2.3*	1,10	qh	U; fs1,t3,lag(h)/ gr	
7.2.4	1,60	qh	T; u3/ hgr	
7.2.5	2,00	qh	T; u2,fg1/ blgr	hzkcon
7.3.1	0,40	qh	U; fs3/ / bn	
7.3.2	0,70	qh	U; fs2,t1/ / bn	
7.3.3*	0,90	qh	U; lag(gS)/ / bn	

Untersuchungsgebiet Heiningen Acker (HA)				
Bezeichnung	Teufe (m)	Stratigraphie	Petrogr./Genese/Farben/Formenelemente und Zusatzzeichen	Bemerkung
7.3.4	1,20	qh	T; u3/ gr	hzkcon gw,kve
7.3.5	1,90	qh	T; u2,lag(s)/ gr	
7.3.6*	2,00	qh	T; lag(s) / gr	
7.4.1	0,40	qh	U; fs3/ / bn	
7.4.2	0,70	qh	U; fs2,t2/ / bn	
7.4.3	0,90	qh	U; fs2/ bn	
7.4.4*	1,10	qh	U; fs2,lag(fe,h)/ / rstbn	
7.4.5	2,00	qh	T; u3,fs2,ms1/ gr	
7.5.1	0,40	qh	U; fs3/ / bn	
7.5.2*	0,50	qh	U; lag(fg)/ / bn	
7.5.3	0,90	qh	U; fs2,t2/ / bn	
7.5.4*	1,20	qh	T; u3,lag(h)/ gr	
7.5.5	1,80	qh	T; u3,lag(s)/ hgr	
7.6.1	0,30	qh	U; fs3/ / bn	
7.6.2*	0,50	qh	fS; u2,lag(h)/ / dkbn	
7.6.3	0,80	qh	U; fs3/ / bn	
7.6.4*	1,00	qh	U; fs2,lag(fe)/ / rstbn	
7.6.5	1,90	qh	T; u3,fs2/ dgr	
7.7.1	0,40	qh	U; fs3/ / bn	
7.7.2	0,90	qh	U; fs2,t2/ / bn	
7.7.3	1,05	qh	U; t2/ bn	
7.7.4	2,00	qh	T; u2/ gr	
7.8.1	0,40	qh	U; fs3/ / bn	
7.8.2	0,90	qh	U; fs2,t2/ / bn	
7.8.3*	1,10	qh	fS; gs,fg/ / bn	
7.8.4	1,25	qh	T; u3/ gr	
7.8.5	2,00	qh	T; u2/ dgr	
8.1.1	0,40	qh	U; fs4/ / dbn	
8.1.2	0,80	qh	U; fs3,t1/ / bn	gw
8.1.3*	1,00	qh	U; fs2,t2/ dgrbn	
8.1.4	1,30	qh	T; u3,fs2/ gr	
8.1.5	2,00	qh	T; u3,lag(fs,h)/ grgn	
8.2.1	0,45	qh	U; fs4/ / dbn	
8.2.2	0,80	qh	U; fs3,t1/ / dbn	
8.2.3	1,10	qh	U; fs,t2/ grbn	
8.2.4	1,60	qh	T; u3/ gr	
8.2.5*	2,00	qh	T; u4,lag(gs,fg)/ dgr	
8.3.1	0,40	qh	U; fs4/ / dbn	
8.3.2	0,80	qh	U; fs2,t1/ / bn	
8.3.3*	1,10	qh	U; fs2,t3/ grbn	
8.3.4	1,55	qh	T; u3,fs2/ gr	
8.3.5*	1,90	qh	gS; ms,fg/ / gr	
8.3.6	2,00	qh	T; u2,lag(fs,ms)/ gr	
8.4.1	0,40	qh	U; fs4/ / dbn	
8.4.2	0,60	qh	U; fs3/ / bn	kocon
8.4.3*	0,65	qh	U; lag(h)/ / swbn	
8.4.4	0,95	qh	U; t3/ bn	
8.4.5	1,10	qh	T; u4,fs1/ gr	
8.4.6	2,00	qh	T; u4,lag(fs)/ gr	
8.5.1	0,35	qh	U; fs3/ / dbn	
8.5.2	0,80	qh	U; fs3,t2/ / dbn	
8.5.3	1,10	qh	U; t4/ grbn	
8.5.5	2,00	qh	T; u3,fs2/ gr	
8.6.1	0,40	qh	U; fs4/ / bn	
8.6.2	0,70	qh	U; fs3,t1/ / dbn	
8.6.3*	1,00	qh	U; fs2,lag(s,fg)/ grbn	
8.6.4	1,80	qh	T; u2,fs1/ gr	
8.6.5	2,00	qh	T; u1/ blgr	
8.7.1	0,40	qh	U; fs4/ / bn	
8.7.2*	0,45	qh	gS; lag(fg)/ / bn	
8.7.3	0,80	qh	U; fs2,t1/ / dbn	
8.7.4	1,00	qh	U; fs2,t2/ grbn	
8.7.5	2,00	qh	T; u4,fs1/ gr	
8.8.1	0,40	qh	U; fs4/ / bn	
8.8.2	0,85	qh	U; fs3,t1/ / dkbn	
8.8.3	1,15	qh	T; u3,fs3/ grbn	

Untersuchungsgebiet Heiningen Acker (HA)				
Bezeichnung	Teufe (m)	Stratigraphie	Petrogr./Genese/Farben/Formenelemente und Zusatzzeichen	Bemerkung
8.8.4	2,00	qh	T; u2,fs2/ gr	kocon
9.1.1	0,45	qh	U; fs4/ / bn	gw,kve
9.1.2	0,90	qh	U; fs2,t2/ / dbn	
9.1.3	1,30	qh	T; u2/ gr	
9.1.4	2,00	qh	T; u1/ grbl	
9.2.1	0,40	qh	U; fs4/ / bn	
9.2.2	0,80	qh	U; fs3,t1/ / dbn	
9.2.3	1,10	qh	U; fs2,t1/ grbn	
9.2.4	1,80	qh	T; u3,fs2/ gr	
9.2.5	2,00	qh	T; u4,fs2/ hgr	
9.3.1	0,40	qh	U; fs4/ / bn	
9.3.2	0,80	qh	U; fs2,t2/ / dbn	
9.3.3	1,00	qh	U; t2/ dbn	
9.3.4	1,50	qh	T; u2,fs1/ gr	
9.4.1	0,40	qh	U; fs3/ / bn	kocon
9.4.2	0,80	qh	U; fs2,t1/ / dbn	
9.4.3	1,10	qh	U; t2/ dbn	
9.4.4	1,50	qh	T; u3,lag(s)/ gr	
9.4.5	2,00	qh	T; fs3/ hgr	
9.5.1	0,40	qh	U; fs4/ / bn	
9.5.2	0,80	qh	U; fs2,t1/ / dbn	
9.5.3	1,10	qh	U; t3/ dbn	
9.5.4	1,40	qh	T; u2,fs1/ gr	
9.6.1	0,30	qh	U; fs3/ / bn	
9.6.2	0,75	qh	U; fs3,t1/ / bn	
9.6.3	1,00	qh	U; t2,lag(h)/ dbn	
9.6.4	1,80	qh	T; u2,t2/ gr	
9.6.5	2,00	qh	T; u1,lag(s)/ hgr	
9.7.1	0,35	qh	U; fs3/ / bn	
9.7.2	0,80	qh	U; fs2,t2/ / bn	
9.7.3	1,10	qh	U; t3/ dbn	
9.7.4	2,00	qh	T; u2,lag(fg)/ gr	
9.8.1	0,40	qh	U; fs3/ / bn	
9.8.2	0,80	qh	U; fs2/ / bn	
9.8.3	1,10	qh	U; fs2,t3/ dbn	
9.8.4	2,00	qh	T; u3,lag(h,fe)/ gr	
10.1.1	0,30	qh	U; fs3/ / bn	gw,kve
10.1.2	0,70	qh	U; lag(fs)/ / bn	
10.1.3*	0,90	qh	U; t3/ dbn	
10.1.4*	1,00	qh	U; lag(h)/ / swbn	
10.1.5	1,80	qh	T; u3/ gr	
10.1.6*	2,00	qh	gS; lag(u)/ dgr	
10.2.1	0,50	qh	U; fs3/ / bn	
10.2.2	0,80	qh	U; fs2,t2/ / bn	
10.2.3*	0,90	qh	U; lag(h)/ / swbn	
10.2.4	1,10	qh	U; t3/ dbn	
10.2.5	1,50	qh	T; u3,fs2/ gr	
10.3.1	0,40	qh	U; fs3/ / bn	gw,kve
10.3.2	0,80	qh	U; fs2,t1/ / bn	
10.3.3	1,00	qh	U; t3,fs2/ dbn	
10.3.4	1,70	qh	T; u3,fs1/ gr	
10.3.5*	2,00	qh	T; lag(fg)/ blgr	
10.4.1	0,40	qh	U; fs3/ / bn	
10.4.2	0,80	qh	U; fs2,t2/ / bn	
10.4.3	1,10	qh	U; t3/ dbn	
10.4.4	1,70	qh	T; u3,lag(fe)/ dkgr	
10.4.5*	2,00	qh	T; u2,fs1/ gr	
10.5.1	0,40	qh	U; fs3/ / 0bn	gw,kve
10.5.2	0,70	qh	U; t2/ / bn	
10.5.3*	0,80	qh	U; lag(h)/ / swbn	
10.5.4	1,00	qh	U; fs1,t2/ dbn	
10.5.6	1,40	qh	T; u2/ gr	
10.5.7	1,50	qh	T; lag(fe,s)/ gr	
10.6.1	0,50	qh	U; fs3/ / bn	
10.6.2	0,80	qh	U; fs2,t2/ / bn	
10.6.3	1,10	qh	U; t3,fs1/ dbn	

Untersuchungsgebiet Heiningen Acker (HA)				
Bezeichnung	Teufe (m)	Stratigraphie	Petrogr./Genese/Farben/Formenelemente und Zusatzzeichen	Bemerkung
10.6.4*	1,30	qh	U; lag(h)/ / swbn	
10.6.5	1,60	qh	T; u3,fs2/ gr	
10.7.1	0,50	qh	U; fs3/ / bn	kocon
10.7.2	0,80	qh	U; fs2,t1/ / dbn	
10.7.3	1,00	qh	U; t3,fs2/ dbn	
10.7.4	1,70	qh	T; u3,fs1/ gr	
10.7.5	2,00	qh	T; lag(s)/ grgn	
10.8.1	0,40	qh	U; fs3/ / bn	kocon
10.8.2	0,80	qh	U; fs3/ / dkn	
10.8.5	1,00	qh	U; fs2,t1/ bn	
10.8.4	2,00	qh	T; u4,fs3/ dgr	

Untersuchungsgebiet Heiningen Grünland (HG)				
Bezeichnung	Teufe (m)	Stratigraphie	Petrogr./Genese/Farben/Formenelemente und Zusatzzeichen	Bemerkung
1.1.1	0,30	qh	fS; u2/ / grbn	
1.1.2	1,00	qh	fS; u4,lag(h)/ / bn	
1.1.3	1,30	qh	U; fs3,t1/ dbn	
1.1.4	1,75	qh	T; u4,fs3/ gr	
1.1.5*	2,00	qh	T; u1/ dgrbl	
1.2.1	0,35	qh	fS; u2/ / grbn	hzk
1.2.2	1,00	qh	U; fs3,lag(h)/ / dbn	
1.2.3*	1,30	qh	fG; s/ / bn	
1.2.4	1,60	qh	T; u3,lag(h)/ gr	
1.2.5*	2,00	qh	T; u1,lag(fg)/ dgr	
1.3.1	0,35	qh	fS; u2/ / grbn	gl
1.3.2	0,70	qh	fS; u4/ / bn	
1.3.3	1,00	qh	U; fs2,t1/ bn	
1.3.4	1,35	qh	T; u3,lag(fg,s)/ gr	
1.3.5*	1,60	qh	T; lag(h,fe)/ / gr	
1.3.6*	2,00	qh	T; fs2/ swgr	
1.4.1	0,35	qh	fS; u3/ / grbn	
1.4.2	0,70	qh	fS; u4/ / bn	
1.4.3	1,00	qh	U; fs2,t2/ bn	
1.4.4	1,55	qh	T; fs2,u2,lag(g)/ gr	
1.4.5*	1,75	qh	T; lag(h),fs2,gs1/ / swgr	
1.4.6*	2,00	qh	T; u2,fs2,ms1/ dblgr	
1.5.1	0,35	qh	fS; u3/ / bn	
1.5.2	0,70	qh	U; fs3/ / bn	
1.5.3	1,10	qh	U; fs,t2,lag(h)/ dbn	
1.5.4	1,60	qh	T; u3,lag(h)/ dgr	
1.5.5*	1,70	qh	T; h4,lag(s)/ / swgr	
1.5.6*	2,00	qh	T; u2,fs2/ dblgr	
1.6.1	0,35	qh	fS; u2,h2/ / bn	
1.6.2	0,70	qh	U; fs3/ / bn	
1.6.3	1,10	qh	U; fs2,t1/ dbn	
1.6.4	1,70	qh	T; fs2,t2/ hgr	
1.6.5*	1,80	qh	T; h4,lag(g)/ swgr	
1.6.6*	2,00	qh	T; u2,fs2,m1,gs1/ dblgr	
1.7.1	0,35	qh	fS; u2,h2/ / bn	
1.7.2	0,70	qh	U; fs2,h1/ / bn	
1.7.3	1,00	qh	U; fs1,u3/ dbn	
1.7.4*	1,10	qh	U; fs4,lag(h)/ / dbn	
1.7.5	1,50	qh	T; fs2,t2/ hgr	
1.7.6*	2,00	qh	T; u2,fs1/ dgr	
1.8.1	0,35	qh	U; fs4/ / hbn	kocon
1.8.2	0,70	qh	U; fs3/ / bn	
1.8.3	1,00	qh	U; fs2,t2/ dbn	
1.8.4*	1,15	qh	U; fs4,lag(fe)/ / dbn	
1.8.5	1,55	qh	T; fs3,t2/ hgr	
1.8.6	1,65	qh	T; h4,lag(s,g)/ / swgr	
1.8.7*	2,00	qh	T; u2,fs1,ms1/ dgr	
1.9.1	0,35	qh	U; fs4/ / hbn	
1.9.2	0,70	qh	U; fs3/ / bn	
1.9.3	1,00	qh	U; fs,t2/ dbn	

Untersuchungsgebiet Heiningen Grünland (HG)				
Bezeichnung	Teufe (m)	Stratigraphie	Petrogr./Genese/Farben/Formenelemente und Zusatzzeichen	Bemerkung
1.9.4*	1,25	qh	U; lag(fe,h)/ / dbn	kocon
1.9.5	1,45	qh	T; u2,fs2/ dgr	
1.9.6*	2,00	qh	T; u2/ dblgr	
1.10.1	0,40	qh	U; fs4/ / hbn	
1.10.2*	0,60	qh	fS; lag(fg)/ / bn	
1.10.3	0,90	qh	U; fs2/ / bn	
1.10.4*	1,00	qh	U; fs2,t2,lag(fg)/ / dbn	
1.10.5	1,25	qh	T; u3/ hgr	
1.10.6	1,65	qh	T; fs2,u3/ dgr	
1.10.7*	1,70	qh	T; lag(ko)/ / swgr	
1.10.8*	2,00	qh	T; u2/ dblgr	
1.11.1	0,45	qh	U; fs3/ / hbn	
1.11.2	0,70	qh	U; fs2,t2/ / bn	
1.11.3	1,00	qh	U; t3/ dbn	
1.11.4	1,50	qh	T; u3,fs3,ms1/ hgr	
1.11.5	2,00	qh	T; u2,fs2,lag(fg)/ dgr	
2.2.1	0,45	qh	fS; u4/ / hbn	
2.2.2	0,70	qh	U; fs3, lag(fg)/ / bn	
2.2.3	1,00	qh	U; fs,t2/ / dbn	
2.2.4	1,40	qh	U; t3/ grbn	
2.2.5*	1,80	qh	T; fs2,lag(h,fe,gg)/ / hgr	
2.2.6	2,00	qh	T; u2,fs1/ dgr	
2.3.1	0,35	qh	U; fs3/ / bn	
2.3.2*	0,60	qh	U; lag(fg)/ / bn	
2.3.3	0,90	qh	U; fs2/ / bn	
2.3.4	1,10	qh	T; fs,u3/ hgr	
2.3.5	2,00	qh	T; lag(h,s)/ dswgr	
2.4.1	0,35	qh	fS; u3/ / hbn	
2.4.2*	0,65	qh	fS; fg4/ / bn	
2.4.3	0,90	qh	T; u2/ gr	
2.4.4	1,10	qh	gS; / /	
2.5.1	0,30	qh	U; fs3/ / hbn	
2.5.2*	0,65	qh	gS; fg/ / bn	
2.5.3	1,00	qh	U; fs2,t1/ / bn	
2.5.4	1,40	qh	T; fs2,lag(fg)/ hgr	
2.5.5*	1,70	qh	T; s,x,fg/ / gr	
2.5.6	2,00	qh	T; u3,lag (x)/ swgr	
2.6.1	0,35	qh	U; fs3/ / bn	
2.6.2	0,70	qh	U; fs2,t1/ / dbn	
2.6.3	1,00	qh	U; t2/ dbn	
2.6.4*	1,30	qh	fS; gs2,lag(fg)/ / bn	
2.6.5	1,70	qh	T; u3,s2/ hgr	
2.6.6	2,00	qh	T; u1,fs1/ dgr	
2.7.1	0,35	qh	U; fs3/ / hbn	
2.7.2	0,70	qh	U; fs2,t1/ / bn	
2.7.3*	0,95	qh	fS; gs3/ / bn	
2.7.4	1,30	qh	U; fs3/ dbn	
2.7.5	1,60	qh	T; u3,fs3/ hgr	
2.7.6	2,00	qh	T; u3,fs2/ dblgr	
2.8.1	0,35	qh	U; fs3/ / bn	
2.8.2	0,70	qh	U; fs2,t1/ / bn	
2.8.3	1,00	qh	U; t3/ dbn	
2.8.4	1,40	qh	T; fs3,u2/ hgr	
2.8.5	2,00	qh	T; u2,fs1/ dgr	
2.9.1	0,35	qh	U; fs4/ / bn	
2.9.2*	0,70	qh	U; fs2/ / bn	
2.9.3	0,95	qh	U; t2/ dbn	
2.9.4*	1,05	qh	fS; u,s/ / bn	
2.9.5	1,80	qh	T; fs2,u2/ hgr	
2.9.6	2,00	qh	T; u2,fs2/ dgr	
2.10.1	0,35	qh	U; fs3/ / bn	
2.10.2*	0,70	qh	U; fs1/ / dbn	
2.10.3	0,95	qh	U; fs1,t2/ dbn	
2.10.4*	1,10	qh	U; t3,lag(fe,h)/ / dgr	
2.10.5	1,45	qh	T; fs2,u2/ hgr	

Untersuchungsgebiet Heiningen Grünland (HG)				
Bezeichnung	Teufe (m)	Stratigraphie	Petrogr./Genese/Farben/Formenelemente und Zusatzzeichen	Bemerkung
2.10.6	2,00	qh	T; u2/ dgr	
2.11.1	0,35	qh	fS; u3/ / hbn	
2.11.2*	0,70	qh	U; fs3/ / bn	
2.11.3	1,00	qh	U; fs,t2/ dbn	
2.11.4	1,10	qh	S; gg,gs/ / dbn	
2.11.5*	1,30	qh	U; fs3,gg,fg/ / dbn	
2.11.6	1,80	qh	T; fs1,u3/ hgr	
2.11.7	2,00	qh	T; u2,fs1/ dblgr	
3.1.1	0,30	qh	fS; u2/ / hbn	
3.1.2*	0,50	qh	fS; u2,lag(gs)/ / hbe	
3.1.3	0,80	qh	S; u3/ / bn	
3.1.4	1,00	qh	S; u3/ gr	
3.1.5	2,00	qh	S; u2,lag(t)/ gr	kve,gw
3.2.1	0,30	qh	fS; u2/ / bn	
3.2.2*	0,60	qh	fS; u3/ / bn	
3.2.3	0,90	qh	U; fs2,t2/ dbn	
3.2.4	1,50	qh	S; u,fg/ gr	kve,gw
3.3.1	0,35	qh	fS; u3/ / hbn	
3.3.2*	0,60	qh	U; fs2/ / bn	
3.3.3	0,75	qh	U; fs2,t1/ / dbn	
3.3.4*	1,05	qh	U; t2/ dbn	
	1,70	qh	S; ms,fg/ / gr	kve,gw
3.3.5	2,00	qh	T; u2,h1,lag(s)/ dgrbl	
3.4.1	0,30	qh	fS; u3/ / hbn	
3.4.2	0,70	qh	U; fs2/ / bn	
3.4.3	0,95	qh	U; fs2,t1/ dbn	
3.4.4	1,60	qh	U; t2,lag(fs)/ gr	
3.4.5	2,00	qh	T; u3,fs2,h2/ dgrbl	
3.5.1	0,40	qh	fS; u3/ / hbn	
3.5.2*	0,70	qh	U; fs2/ / bn	
3.5.3	1,00	qh	U; fs2,t2/ dbn	
3.5.4	1,50	qh	U; fs3,lag(t)/ gr	
3.5.5*	1,65	qh	U; t3,lag(fe) / / dgr	
3.5.6	2,00	qh	T; h3,fs2/ swgr	
3.6.1	0,35	qh	fS; u2/ / hbn	
3.6.2*	0,70	qh	U; fs3/ / bn	
3.6.3	1,00	qh	U; fs2,t2/ dbn	
3.6.4	1,50	qh	U; fs2,t2/ gr	
3.6.5*	1,70	qh	U; t3/ / dgr	
3.6.7	2,00	qh	T; u3,h1,lag(x)/ swgr	
3.7.1	0,30	qh	fS; u2/ / hbn	
3.7.2	0,80	qh	U; fs3,t1/ dbn	
3.7.3*	1,10	qh	U; lag(fg,fs) / / gr	
3.7.4	1,45	qh	U; t3,s/ gr	
3.7.5*	1,70	qh	U; t3,lag(fg,s)/ / hgr	
3.7.6	2,00	qh	T; u4,fs3,h2/ swgr	kocon
3.8.1	0,35	qh	fS; u2/ / hbn	
3.8.2*	0,80	qh	U; fs3/ / bn	
3.8.3	1,10	qh	U; fs2,t2/ dbn	
3.8.4	1,80	qh	U; t2,lag(fs)/ gr	
3.8.5	2,00	qh	U; t3,t1/ dgr	
4.1.1	0,35	qh	fS; u2/ / hbn	
4.1.2	0,70	qh	U; fs3/ / bn	
4.1.3*	1,00	qh	U; fs2,t1/ dbn	
4.1.4*	1,35	qh	U; lag(fg) / / dbn	
4.1.5	1,85	qh	U; fs2,t3/ gr	
4.1.6	2,00	qh	U; t4,h1/ dgrbl	
4.2.1	0,35	qh	fS; u2/ / hbn	
4.2.2*	0,70	qh	U; fs4/ / bn	
4.2.3	1,10	qh	U; fs2,t1/ dbn	
4.2.4*	1,30	qh	U; t3,lag(fg)/ / gr	
4.2.5	1,45	qh	U; t3,fs2,gs1/ gr	
4.2.6	2,00	qh	U; t3,h1,lag(fs)/ swgr	
4.3.1	0,35	qh	fS; u2/ / hbn	
4.3.2*	0,75	qh	U; fs3/ / bn	
4.3.3	1,10	qh	U; fs,t1/ dbn	

Untersuchungsgebiet Heiningen Grünland (HG)				
Bezeichnung	Teufe (m)	Stratigraphie	Petrogr./Genese/Farben/Formenelemente und Zusatzzeichen	Bemerkung
4.3.4	1,50	qh	U; t2/ gr	
4.3.5	2,00	qh	U; t4,lag(fs)/ dgr	
4.4.1	0,35	qh	fS; u2/ / hbn	
4.4.2*	0,70	qh	U; fs2/ / bn	
4.4.3	1,10	qh	U; fs1,t1/ dbn	
4.4.4	1,50	qh	U;t3/ gr	
4.4.5	2,00	qh	T, fs3/ dgr	
4.5.1	0,30	qh	fS; u1/ / hbn	
4.5.2	0,80	qh	U; fs3/ / bn	
4.5.3	1,10	qh	U; fs2,t1/ bn	
4.5.4	2,00	qh	U; t3,lag(gs)/ gr	
4.6.1	0,35	qh	fS; u1/ / hbn	
4.6.2	0,80	qh	U; fs2/ / bn	
4.6.3	1,05	qh	U; fs2,t2/ dbn	
4.6.4	1,35	qh	U; t2/ gr	
4.6.5	2,00	qh	U; t4,h1/ dgr	
5.1.1	0,30	qh	fS; u1,ms2/ / hbn	
5.1.2	0,70	qh	U; fs3/ / bn	
5.1.3	1,00	qh	U; fs2,t1/ dbn	
5.1.4*	1,10	qh	U; lag(fg)/ / dbn	
5.1.5	1,45	qh	U; t3,h1/ dgr	
5.1.6*	1,80	qh	U; t,s,fg/ / gr	
5.1.7	2,00	qh	U; t4,fs3/ dblgr	kocon
5.2.1	0,30	qh	fS; u2/ / hbn	
5.2.2*	0,70	qh	fs; u4/ / bn	
5.2.3	1,05	qh	U; fs2,lag(h)/ dbn	
5.2.4*	1,40	qh	U; lag(s,fg)/ / dbn	
5.2.5	1,75	qh	U; t2,fs2/ gr	
5.2.6	2,00	qh	U; t4,fs1/ dgr	
5.3.1	0,35	qh	fS; u1/ / hbn	
5.3.2*	0,70	qh	fS; u3/ / bn	
5.3.3	1,10	qh	U; fs3/ bn	
5.3.4*	1,50	qh	U; t2,lag(s,fg)/ / dbn	
5.3.5	1,90	qh	U; t3,fs2/ dgr	
5.3.6	2,00	qh	T; u3,fs2/ swgr	kocon
5.4.1	0,35	qh	fS; u1/ / hbn	
5.4.2*	0,70	qh	fS; u3/ / bn	
5.4.3	1,00	qh	U; fs3/ dbn	
5.4.4*	1,30	qh	U; fs2,t1,lag(gs)/ / dbn	
5.4.5	1,75	qh	U; fs1/ dgr	
5.4.6	2,00	qh	U; t4,fs2/ swgr	kocon
5.5.1	0,30	qh	fS; u2/ / hbn	
5.5.2*	0,70	qh	fS; u2/ / bn	
5.5.3	1,05	qh	U; fs3,h1/ dbn	
5.5.4*	1,50	qh	U; lag(s)/ / gr	
5.5.5	1,90	qh	U; t3,lag(fs)/ hgr	
5.5.6	2,00	qh	U; t4,fs3/ dblgr	
5.6.1	0,30	qh	fS; u3/ / hbn	
5.6.2*	0,55	qh	fS; lag(fg)/ /hbn	
5.6.3*	0,70	qh	U; fs3/ / bn	
5.6.4	1,00	qh	U; fs2,t1/ dbn	
5.6.5	1,40	qh	U; t2/ gr	
5.5.6	2,00	qh	U; t4,h1,fs1/ swgr	
6.1.1	0,30	qh	fS; u2/ / hbn	
6.1.2*	0,70	qh	fS; u3/ / bn	
6.1.3	1,00	qh	U; fs3,t1/ dbn	
6.1.4*	1,10	qh	U; lag(s)/ / dbn	
6.1.5	1,60	qh	U; t3,fs2/ gr	
6.1.6	2,00	qh	U; t4,fs2/ dgr	
6.2.1	0,30	qh	fS; u2/ / hbn	
6.2.2*	0,70	qh	fS; u3/ / bn	
6.2.3	1,00	qh	U; fs3,t1/ dbn	
6.2.4	1,35	qh	U; fs2,t2,h1/ gr	
6.2.5*	1,60	qh	U; lag(fg,s)/ / gr	
6.2.6	2,00	qh	U; t4/ dblgr	
6.3.1	0,30	qh	fS; u2/ / hbn	

Untersuchungsgebiet Heiningen Grünland (HG)				
Bezeichnung	Teufe (m)	Stratigraphie	Petrogr./Genese/Farben/Formenelemente und Zusatzzeichen	Bemerkung
6.3.2*	0,70	qh	fS; u3/ / bn	kocon kocon
6.3.3	1,00	qh	U; fs4/ dbn	
6.3.4*	1,45	qh	U; lag(s)/ /dbn	
6.3.5	1,70	qh	U; t3,fs2/ dgr	
6.3.6	2,00	qh	T; u4,fs2/ dblgr	
6.4.1	0,30	qh	fS; u2/ / hbn	kocon
6.4.2*	0,70	qh	fS; u3/ / bn	
6.4.3	0,95	qh	U; fs3/ dbn	
6.4.4*	1,10	qh	fS; fg2/ / bn	
6.4.5*	1,50	qh	U; fs3,fg2/ / gr	
6.4.6	1,75	qh	U; t3,h1/ dgr	
6.4.7	2,00	qh	T; u4,fs1/ dblgr	
6.5.1	0,30	qh	fS; u3/ / hbn	
6.5.2*	0,60	qh	U; fs4/ / bn	
6.5.3*	0,70	qh	fs; fg1/ / bn	
6.5.4	1,00	qh	U; fs3,t1/ dbn	
6.5.5	1,40	qh	U; fs2,t3/ bngr	
6.5.6	2,00	qh	U; t4,fs1,lag(gs)/ dblgr	
6.6.1	0,30	qh	fS; u2/ / hbn	
6.6.2*	0,45	qh	fS; ms3/ / hbn	gl
6.6.3	0,90	qh	gS; u3,lag(fs,fg)/ / bn	
6.6.4	2,00	qh	T; u4,fs2/ dblgr	
6.7.1	0,35	qh	fS; u2/ / hbn	
6.7.2*	0,50	qh	fS; ms2/ / hbn	
6.7.3	0,95	qh	fS; u3,fg2/ / bn	
6.7.4*	1,00	qh	gS; fg3/ / bn	
6.7.5	1,10	qh	U; t2,fs2/ dgr	
6.7.6	2,00	qh	U; t4,fs2/ dblgr	
7.1.1	0,35	qh	fS; u1/ / hbn	
7.1.2	0,90	qh	fS; u3/ / bn	
7.1.3	1,05	qh	U; fs4/ dbn	
7.1.4	1,60	qh	U; fs2,t2/ gr	
7.1.5	2,00	qh	U; t4,fs2/ dblgr	
7.2.1	0,30	qh	fS; u2/ / bn	
7.2.2	0,70	qh	fS; u3/ / bn	
7.2.3*	0,85	qh	fS; fg2/ / bn	
7.2.4	1,10	qh	U; fs4/ dbn	
7.2.5	1,60	qh	U; fs2,t3/ gr	
7.2.6	2,00	qh	U; t4,fs2/ dblgr	
8.1.1	0,25	qh	fS; u3/ / hbn	kve
8.1.2*	0,70	qh	fS; u3/ / bn	
8.1.3	1,00	qh	U; fs3/ dbn	
8.1.4	1,80	qh	U; fs3,t2,lag(s)/ gr	
8.1.5	2,00	qh	fG; gS/ / gr	
8.2.1	0,30	qh	fS; u2/ / hbn	kve,gw
8.2.2	0,70	qh	fS; u3/ / bn	
8.2.3	0,90	qh	U; fs4/ dbn	
8.2.4*	1,00	qh	gS; fg/ / bn	
8.3.1	0,30	qh	fS; u3/ / hbn	kocon
8.3.2*	0,70	qh	fS; u3,t1/ / bn	
8.3.3	1,00	qh	U; fs4,ms1/ bn	
8.3.4	1,50	qh	U; fs3,t2/ gr	
8.3.5*	1,60	qh	gS; fg3/ / gr	
8.3.6	2,00	qh	T; u4,fs3/ swgr	
8.4.1	0,30	qh	fS; u2/ / hbn	
8.4.2*	0,70	qh	fS; u3/ / bn	
8.4.3	0,90	qh	U; fs3/ dbn	
8.4.5	1,65	qh	U; fs4,lag(gs)/ gr	
8.4.6	2,00	qh	T; u4,fs2/ swgr	
8.5.1	0,30	qh	fS; u2/ / hbn	
8.5.2*	0,70	qh	fS; u3,t1/ / bn	
8.5.3	1,10	qh	U; fs4/ dbn	
8.5.4	1,80	qh	U; fs2,t3/ gr	
8.5.5	2,00	qh	T; u4,fs2,ms1/ swgr	
8.6.1	0,30	qh	fS; u2/ / hbn	
8.6.2*	0,70	qh	fS; u3/ / bn	

Untersuchungsgebiet Heiningen Grünland (HG)				
Bezeichnung	Teufe (m)	Stratigraphie	Petrogr./Genese/Farben/Formenelemente und Zusatzzeichen	Bemerkung
8.6.3	1,00	qh	U; fs3,t1/ dbn	
8.6.4	1,60	qh	U; fs3,t3/ gr	
8.6.5*	1,70	qh	U; lag(h)/ / dgr	
8.6.6*	1,90	qh	S; fg2/ / gr	
8.6.7	2,00	qh	T; u4/ swgr	
8.7.1	0,30	qh	fS; u2/ / hbn	
8.7.2*	0,80	qh	fS; lag(gS,fg)/ / bn	
8.7.3	1,00	qh	fS; u3/ / bn	
8.7.4	1,60	qh	U; fs4,t2/ dbn	
8.7.5	1,90	qh	U; t4,fs3/ gr	
8.7.6	2,00	qh	T; u4,lag(s,g)/ swgr	

Untersuchungsgebiet Heiningen Wald (HW)				
Bezeichnung	Teufe (m)	Stratigraphie	Petrogr./Genese/Farben/Formenelemente und Zusatzzeichen	Bemerkung
1.1.1	0,35	qh	fS; u2,h3/ be	
1.1.2	0,80	qh	fS; u3/ / bebn	
1.1.3	1,50	qh	U; fs2,t2/ grbn	
1.1.4	2,00	qh	T; u4,fs2/ blgr	
1.2.1	0,35	qh	fS; u1,h3/ be	
1.2.2	0,80	qh	fS; u3/ / bebn	
1.2.3*	1,10	qh	fS; u4/ bn	
1.2.3	1,40	qh	U; fs2,t3/ gr	
1.2.5	2,00	qh	U; t4,fs3/ blgr	
1.3.1	0,35	qh	fS; u2,h3/ swbn	
1.3.2	0,85	qh	fS; u3/ / grbn	
1.3.3*	1,15	qh	U; fs4/ grbn	
1.3.4	1,50	qh	U; t3,fs2/ hgr	
1.3.5	2,00	qh	U; t4,fs2/ dkgr	
1.4.1	0,40	qh	fS; u1,h3/ swbn	
1.4.2	0,80	qh	fS; u3/ / bn	
1.4.3	1,15	qh	U; fs4/ grbn	
1.4.4	1,60	qh	U; fs2,t3/ gr	
1.4.5	2,00	qh	U; t4,h1/ swgr	
1.5.1	0,40	qh	fS; u2,h3/ swbn	
1.5.2	0,80	qh	fS; u3/ / dkbn	
1.5.3*	1,00	qh	U; fs2,t1/ grbn	
1.5.4	1,70	qh	U; t3,ms2,fs1/ gr	
1.5.5	2,00	qh	T; u4,fs3/ swgr	
1.6.1	0,35	qh	fS; u2,h3/ swbn	
1.6.2	0,85	qh	fS; u4/ / dkbn	
1.6.3*	1,05	qh	U; fs4/ grbn	
1.6.4	1,60	qh	U; fs3,t1/ gr	
1.6.5*	1,80	qh	U; t3,lag(hzk)/ / swgr	
1.6.6	2,00	qh	U; t3,fs2/ swgr	
1.7.1	0,40	qh	fS; u2,h3/ swbn	
1.7.2	0,75	qh	fS; u3/ / dkbn	
1.7.3	1,10	qh	U; fs4/ grbn	
1.7.4	1,45	qh	U; fs3/ / grbn	
1.7.5	1,70	qh	U; fs2,t3/ gr	
1.7.6	2,00	qh	U; t4,h2/ swgr	
1.8.1	0,30	qh	fS; u2,h2/ swbn	
1.8.2*	0,50	qh	fS; lag(fg)/ / bebn	
1.8.3	0,80	qh	U; fs4/ / dkbn	
1.8.4	1,20	qh	U; fs3,t2/ grbn	
1.8.5*	1,50	qh	U; lag(s,g)/ / grbn	
1.8.6	1,75	qh	U; t3,fs1/ gr	
1.8.7	2,00	qh	U; t4,fs2/ swgr	
1.9.1	0,30	qh	fS; u2,h2/ swbn	
1.9.2	0,80	qh	fS; u4/ / bebn	
1.9.3	1,10	qh	U; fs3,t2,lag(h)/ dkgr	
1.9.4	2,00	qh	U; t4,fs2/ blgr	
2.2.1	0,40	qh	fS; u2,h3/ swbn	
2.2.2*	0,80	qh	fS; u3/ / grbn	
2.2.3	1,20	qh	U; fs4/ dkgrbn	

Untersuchungsgebiet Heiningen Wald (HW)				
Bezeichnung	Teufe (m)	Stratigraphie	Petrogr./Genese/Farben/Formenelemente und Zusatzzeichen	Bemerkung
2.2.4	1,70	qh	U; fs2,t1/ gr	
2.2.5	2,00	qh	U; t4,fs2/ blgr	
2.3.1	0,30	qh	fS; u2,h2/ swbn	
2.3.2*	0,60	qh	fS; u3/ / dkbn	
2.3.3	0,90	qh	U; fs4/ grbn	
2.3.4	1,20	qh	U; fs2,t1/ gr	
2.3.5	2,00	qh	U; t3,lag(s)/ hgr	
2.4.1	0,40	qh	fS; u2,h3/ swgr	
2.4.2	0,60	qh	fS; u3/ / grbn	
2.4.3	0,80	qh	U; fs3/ dkbn	
2.4.4	1,00	qh	U; t3/ gr	kve,gw
2.5.1	0,40	qh	fS; u2,h2/ gr	
2.5.2	0,70	qh	fS; u4,h1/ / grbn	
2.5.3	1,00	qh	U; t2,fs2,lag(x)/ gr	kve,gw
2.6.1	0,30	qh	fS; u2,h3/ swbn	
2.6.2	0,80	qh	fS; u3,h1/ / dkbn	
2.6.3	1,00	qh	U; fs4,lag(hzk)/ grbn	
2.6.4	2,00	qh	U; t3,lag(s)/ gr	kve,gw
2.6.5		Gr		
2.7.1	0,40	qh	fS; u2,h2/ swbn	
2.7.2*	0,60	qh	fS; lag(gS)/ / dkbn	
2.7.3*	0,90	qh	fS; u3/ / grbn	
2.7.4	1,10	qh	fS; u4/ dkgrbn	
2.7.5*	1,25	qh	U; lag(s,fg)/ / gr	
2.7.6*	1,35	qh	U; lag(h)/ / dkgr	
2.7.7	1,50	qh	U; t2/ dkgr	
2.7.8	2,00	qh	T; fs2,u3/ swgr	
2.8.1	0,30	qh	fS; u2,h2/ swbn	
2.8.2*	0,60	qh	fS; u4,h1/ / dkbn	
2.8.3*	0,85	qh	fS; u2,lag(x)/ / dkbn	
2.8.4	1,10	qh	fS; u3,t1/ grbn	
2.8.5*	1,45	qh	U; lag(g,s)/ / grbn	
2.8.6	1,70	qh	U; t3/ gr	
2.8.7	1,80	qh	T; fs3,lag(hzk)/ / dkgr	
2.8.8*	2,00	qh	T; u3/ swgr	
2.9.1	0,50	qh	fS; u2,h3/ swbn	
2.9.2	0,80	qh	fS; u4,h2/ / dkbn	
2.9.3	1,10	qh	U; fs4,h1/ grbn	
2.9.4*	1,40	qh	U; lag(s)/ / grbn	
2.9.5	1,60	qh	U; fs2,t3/ gr	
2.9.6	2,00	qh	T; u4,fs3/ blgr	
3.1.1	0,40	qh	fS; u2,h3/ swbn	
3.1.2	0,80	qh	fS; u4,h1/ / dkbn	
3.1.3	1,00	qh	U; fs4/ grbn	
3.1.4	1,70	qh	U; t3,fs3,ms2,gs2/ gr	
3.1.5	2,00	qh	T; u3,fs2/ blgr	
3.2.1	0,35	qh	fS; u2,h2/ dkbn	
3.2.2	0,60	qh	fS; u3/ / bn	
3.2.3	0,90	qh	U; fs4/ grbn	
3.2.3	1,00	qh	U; t3,fg1/ gr	kv,gw
3.3.1	0,30	qh	fS; u2,h2/ swbn	
3.3.2	0,85	qh	fS; u4/ / bn	
3.3.3	1,00	qh	U; fs3,lag(h)/ grbn	kv,gw
3.4.1	0,40	qh	fS; u2,h2/ swbn	
3.4.2	0,70	qh	fS; u3/ / dkbn	
3.4.3	1,00	qh	fS; u,fg/ gr	kv,gw
3.5.1	0,40	qh	fS; u3,h3/ dkbn	
3.5.2	0,80	qh	fS; u3/ / dkbn	
3.5.3	1,10	qh	U; fs4/ grbn	
3.5.4	2,00	qh	U; t3/ gr	
3.6.1	0,40	qh	fS; u3,h3/ swbn	
3.6.2*	0,80	qh	fS; u3/ / dkbn	
3.6.3	1,10	qh	U; fs4/ grbn	
3.6.4*	1,50	qh	U; u2,t3/ / gr	
3.6.5	1,60	qh	U; t3,fs3/ swbn	

Untersuchungsgebiet Heiningen Wald (HW)				
Bezeichnung	Teufe (m)	Stratigraphie	Petrogr./Genese/Farben/Formenelemente und Zusatzzeichen	Bemerkung
3.6.6	2,00	qh	T; u4,fs2/ blgng	
3.7.1	0,40	qh	fS; u3,h2/ swbn	
3.7.2*	0,60	qh	fS; u2/ / bn	
3.7.3	0,80	qh	U; fs4/ / grbn	
3.7.4	1,10	qh	U; fs3,lag(h)/ grbn	
3.7.5*	1,30	qh	U; fs3,t1/ / gr	
3.7.6	1,40	qh	U; t3/ dkgr	
3.7.7	2,00	qh	T; u3,lag(gS)/ gng	
4.1.1	0,60	qh	fS; u3,h1/ swbn	
4.1.2*	0,80	qh	fS; u3/ / bn	
4.1.3	1,00	qh	U; fs4/ dkbn	
4.1.4	1,30	qh	U; fs3,t2/ gr	
4.1.5	2,00	qh	U; fs4/ gng	
4.2.1	0,30	qh	fS; u2,h2/ dkbn	
4.2.2*	0,60	qh	fS; u3/ / bn	
4.2.3	0,80	qh	U; fs4/ grbn	
4.2.4	1,20	qh	U; fs3,t1/ gr	
4.2.5*	1,40	qh	U; t2,lag(h)/ / gr	
4.2.6	2,00	qh	T; u4,fs3/ blgr	
4.3.1	0,40	qh	fS; u2,h2/ swbn	
4.3.2	0,80	qh	fS; u3/ / dkbn	
4.3.3	1,40	qh	U; fs3,t1/ gr	
4.3.4	2,00	qh	U; t4/ blgng	
4.4.1	0,30	qh	fS; u2,h2/ gr	
4.4.2	0,70	qh	fS; u2/ / bn	
4.4.3*	0,85	qh	U; fs2,lag(h)/ dkbn	
4.4.4	1,20	qh	U; fs2,t3/ gr	
4.4.5	1,80	qh	S; u4/ gng	
4.4.6*	2,00	qh	U; fs3,t2/ / blgr	
4.5.1	0,50	qh	fS; u2,h2/ gr	
4.5.2	1,00	qh	fS; u3,h1/ / bn	
4.5.3	1,40	qh	U; fs4/ dkbn	
4.5.4	2,00	qh	U; t4,fs3/ gng	
4.6.1	0,50	qh	fS; u2,h1/ bn	
4.6.2	0,80	qh	fS; u3/ / dkbn	
4.6.3	1,10	qh	U; fs4/ dkbn	
4.6.4	2,00	qh	T; u4,fs2/ grbl	
4.7.1	0,35	qh	fS; u2,h2/ grbn	
4.7.2*	0,50	qh	fS; u3/ / bn	
4.7.3	0,80	qh	U; fs2,u1/ dkbn	
4.7.4*	1,20	qh	U; t3,lag(h)/ swgr	
4.7.5	1,50	qh	U; t4/ blgr	
4.7.6	2,00	qh	U; t4,lag(s)/ / gng	
4.8.1	0,40	qh	fS; u2,h2/ dkbn	
4.8.2*	0,75	qh	fS; u3,h1/ / dkbn	
4.8.3	0,95	qh	U; fs3,h2/ swrtbn	
4.8.4*	1,20	qh	U; fs2,t2/ gr	
4.8.5	1,60	qh	U; t3,fs2/ blgr	
4.8.6	2,00	qh	U; t4,fs3/ / gng	
4.9.1	0,35	qh	fS; u2,h2/ dkbn	
4.9.2	0,60	qh	fS; u3/ / dkbn	
4.9.3*	0,80	qh	U; fs3/ grbn	
4.9.4	1,10	qh	U; fs2,t2/ gr	
4.9.5	1,50	qh	U; t4/ swgr	
4.9.6	2,00	qh	U; fs3,fg2,lag(gS)/ / gr	
5.1.1	0,30	qh	fS; u3,h2/ grbn	
5.1.2*	0,60	qh	fS; u3/ / bn	
5.1.3	0,90	qh	U; fs4/ dkbn	
5.1.4*	1,10	qh	S; u3,lag(fg)/ / bn	
5.1.5	1,80	qh	U; fs4/ gr	
5.1.6	2,00	qh	U; fs2,t2/ blgr	
5.2.1	0,30	qh	fS; u2,h2/ grbn	
5.2.2	0,60	qh	fS; u3/ / bn	
5.2.3*	0,90	qh	U; s4/ bn	
5.2.4	1,20	qh	U; fs3,t1/ gr	
5.2.5*	1,30	qh	U; lag(fe)/ / rstbn	

Untersuchungsgebiet Heiningen Wald (HW)				
Bezeichnung	Teufe (m)	Stratigraphie	Petrogr./Genese/Farben/Formenelemente und Zusatzzeichen	Bemerkung
5.2.6*	1,40	qh	U; lag(h)/ / swgr	
5.2.7	1,60	qh	T; u3,fs2/ swgr	
5.2.8	2,00	qh	T; u1/,fs2 / grgnbl	
5.3.1	0,40	qh	fS; u2,h2/ grbn	
5.3.2*	0,80	qh	fS; u3/ / gr	
5.3.3	1,20	qh	U; fs3,t1/ dkbn	
5.3.4	1,40	qh	U; fs3,t2/ gr	
5.3.5	2,00	qh	T; u3,fs2/ grbl	
5.4.1	0,40	qh	fS; u2,h2/ grbn	
5.4.2	0,70	qh	fS; u2/ / dkbn	gw
5.4.3	1,10	qh	U; fs4/ dkbn	
5.4.4	1,85	qh	U; t3/ gr	
5.4.5	2,00	qh	U; s4/ / gngr	
5.5.1	0,40	qh	fS; u2,h1/ bn	
5.5.2*	0,80	qh	fS; u3/ / bn	
5.5.3	1,10	qh	U; fs3,t1/ grbn	
5.5.4	1,60	qh	U; fs2,t2/ gr	
5.5.5	2,00	qh	T; u3,fs3/ gngr	
5.6.1	0,40	qh	fS; u2,h2/ dkbn	
5.6.2*	0,80	qh	fS; u4/ / bn	
5.6.3	1,10	qh	U; fs3,h2/ swbn	
5.6.4	1,60	qh	T; u3/ swgr	
5.6.5	2,00	qh	T; u3,fs2/ / gngr	
5.7.1	0,30	qh	fS; u2,h2/ dkbn	
5.7.2*	0,60	qh	fS; u3/ / bn	
5.7.3	1,20	qh	U; fs3,t2/ grbn	
5.7.4	1,50	qh	U; t3/ blgr	
5.7.5	2,00	qh	U; t3,lag(ms)/ / gngr	
5.8.1	0,30	qh	fS;u2,h2/ dkbn	
5.8.2*	0,70	qh	fS; u3,h1/ / bn	
5.8.3	0,90	qh	U; fs4/ grbn	
5.8.4*	1,20	qh	U; fs2,t2/ gr	
5.8.5	1,60	qh	U; t3/ swgr	
5.8.6	2,00	qh	U; t3,fs3/ / gngr	
5.9.1	0,40	qh	fS; u2,h2/ bn	
5.9.2	0,70	qh	fS; u3/ / dkbn	
5.9.3	1,00	qh	U; fs4/ gr	
5.9.4	2,00	qh	U; fs2,t2/ gr	
6.1.1	0,40	qh	fS; u2,h2/ dkgr	
6.1.2*	0,80	qh	fS; u3/ / bn	
6.1.3	1,30	qh	U; fs3/ dkbn	
6.1.4	1,60	qh	U; fs2,t2,lag(h)/ / gr	
6.1.5	2,00	qh	S; lag(t,u) / gr	
6.2.1	0,40	qh	fS; u2,h2/ dkbn	
6.2.2*	0,80	qh	fS; u3/ / bn	
6.2.3	1,00	qh	U; fs3,t2/ dkbn	
6.2.4	1,50	qh	U; t3/ gr	
6.2.5	2,00	qh	T; u3,lag(fs)/ grbnr	
6.3.1	0,40	qh	fS; u2,h2/ dkbn	
6.3.2	0,85	qh	fS; u3/ / dkbn	
6.3.3	1,05	qh	U; fs2,t1/ grbn	
6.3.4	1,30	qh	U; fs2,t2/ / gr	
6.3.5	2,00	qh	U; t4,fs3/ hgr	
6.4.1	0,40	qh	fS; u2,h3/ dkbn	
6.4.2*	0,80	qh	fS; u3/ / bn	
6.4.3	1,10	qh	U; fs4/ grbn	
6.4.4	1,50	qh	U; fs2,t2/ gr	
6.4.5	2,00	qh	U; t4,fs2,ms1/ blgr	
6.5.1	0,35	qh	fS; u2,h2/ dkbn	
6.5.2*	0,80	qh	fS; u3/ / dkbn	
6.5.3	1,00	qh	U; fs2/ grbn	
6.5.4	1,50	qh	U; t4/ gr	
6.5.5*	1,70	qh	U; t3,lag(h4)/ / swgr	
6.5.6	2,00	qh	T; u4,fs3/ / swgr	
6.6.1	0,25	qh	fS; u2,h2/ grbn	

Untersuchungsgebiet Heiningen Wald (HW)				
Bezeichnung	Teufe (m)	Stratigraphie	Petrogr./Genese/Farben/Formenelemente und Zusatzzeichen	Bemerkung
6.6.2*	0,80	qh	fS; u3/ / bn	
6.6.3	1,00	qh	U; fs4/ dkbn	
6.6.4	1,50	qh	U; fs2,t2/ gr	
6.6.5	2,00	qh	U; t3,fs1/ dkblgr	
6.7.1	0,30	qh	fS; u3,h2/ dkbn	
6.7.2*	0,80	qh	fS; u3/ / bn	
6.7.3	1,20	qh	U; fs3,t1/ grbn	
6.7.4	1,60	qh	U; fs2,t2/ gr	
6.7.5*	1,70	qh	U; lag(h4)/ / swgr	
6.7.6	2,00	qh	T; u3,fs2/ dkblgr	
7.2.1	0,40	qh	fS; u2,h1/ swgr	
7.2.2	0,80	qh	fS; u2/ / dkbn	
7.2.3	1,10	qh	U; fs3,t1/ grbn	
7.2.4	1,70	qh	U; fs2/ gr	
7.2.5	2,00	qh	U; t3,fs2/ dkgr	
7.3.1	0,30	qh	fS; u2,h2/ dkbn	
7.3.2	0,80	qh	fS; u2/ / bn	
7.3.3	1,40	qh	U; t3/ gr	
7.3.4*	2,00	qh	S;u,t,g/ gr	kv,gw
7.4.1	0,40	qh	fS; u2,h3/ dkbn	
7.4.2	0,90	qh	fS; u3/ / grbn	
7.4.3*	1,00	qh	U; fs4/ dkbn	
7.4.4	1,40	qh	U; fs2,t2/ gr	
7.4.5*	1,60	qh	U; t2,lag(h)/ / dkgr	
7.4.6	2,00	qh	T; u3,fs2/ dkgr	
7.5.1	0,25	qh	fS; u2,h1/ dkbn	
7.5.2	0,85	qh	fS; u3/ / bn	
7.5.3*	1,05	qh	U; fs4/ dkbn	
7.5.4	1,80	qh	U; fs2,t2/ gr	
7.5.5	2,00	qh	U; fs3,t1/ dkgr	
7.6.1	0,40	qh	fS; u2,h2/ dkbn	
7.6.2	0,80	qh	fS; u3/ / bn	
7.6.3	1,00	qh	U; fs3/ dkbn	
7.6.4	1,40	qh	U; fs2,t3/ gngr	
7.6.5	2,00	qh	S; u,t,fg/ gr	kv,gw
7.7.1	0,30	qh	fS; u2,h2/ dkbn	
7.7.2	0,85	qh	fS; u3/ / bn	
7.7.3	1,00	qh	U; fs4/ grbn	
7.7.4	1,60	qh	U; fs2,t2/ gr	
7.7.5	2,00	qh	T; u4/ swgr	
7.8.1	0,30	qh	fS; u2,h2/ dkbn	
7.8.2	0,85	qh	fS; u3/ / bn	
7.8.3	1,50	qh	U; fs3,t2/ gr	
7.8.4*	1,60	qh	U; lag(h)/ / swgr	
7.8.5	2,00	qh	T; u3,fs2/ dkblgr	
7.9.1	0,40	qh	fS; u2,h2/ dkbn	
7.9.2	0,85	qh	fS; u3/ / bn	
7.9.3	1,05	qh	U; fs4/ dkbn	
7.9.4	1,60	qh	U; t3/ dkgr	
7.9.5*	2,00	qh	U; t4,fs3,lag(h)/ swgr	kocon
8.1.1	0,40	qh	fS; u1,h2/ dkbn	
8.1.2*	0,80	qh	fS; u3/ / bn	
8.1.3	1,10	qh	U; fs4/ dkbn	
8.1.4	1,40	qh	U; fs2,t2/ gr	
8.1.5	2,00	qh	U; t4,fs3/ dkgr	
8.2.1	0,35	qh	fS; u2,h2/ dkbn	
8.2.2*	0,80	qh	fS; u3/ / bn	
8.2.3	1,00	qh	U; fs3,lag(h)/ swbn	
8.2.4	1,30	qh	U; t3/ gr	
8.2.5*	2,00	qh	U; s,fg/ gr	kv,gw
8.3.1	0,30	qh	fS; u2,h3/ swbn	
8.3.2*	0,80	qh	fS; u3/ / bn	
8.3.3	1,10	qh	U; fs4/ dkbn	
8.3.4	1,40	qh	U; t2/ gr	
8.3.5	2,00	qh	S; u,fg/ hbn	kv,gw
8.4.1	0,30	qh	fS; u2,h2/ dkbn	

Untersuchungsgebiet Heiningen Wald (HW)				
Bezeichnung	Teufe (m)	Stratigraphie	Petrogr./Genese/Farben/Formenelemente und Zusatzzeichen	Bemerkung
8.4.2*	0,80	qh	fS; u3/ / bn	
8.4.3	1,00	qh	U; fs4/ dkbn	
8.4.4	1,50	qh	U; fs2,t2/ gr	
8.4.5	2,00	qh	T; u4,s3/ dkblgr	
8.5.1	0,30	qh	fS; u2,h4/ swbn	kv,gw
8.5.2*	0,80	qh	fS; u3/ / bn	
8.5.3	1,20	qh	U; fs4/ dkbn	
8.5.4	1,40	qh	S; u4/ grbn	
8.5.5*	2,00	qh	S; gS3,fg2/ hbn	
8.6.1	0,30	qh	fS; u2,h2/ dkbn	
8.6.2*	0,80	qh	fS; u3/ / bn	
8.6.3	1,10	qh	U; fs2/ grbn	
8.6.4	1,60	qh	U; fs3,t1/ gr	
8.6.5	2,00	qh	U; s3,fg1/ gr	
8.7.1	0,30	qh	fS; u2,h2/ dkbn	
8.7.2*	0,70	qh	fS; u3/ / bn	
8.7.3	1,05	qh	U; fs4,lag(fe)/ rstbn	
8.7.4	1,40	qh	U; fs2,t2/ gr	
8.7.5*	1,50	qh	U; lag(h)/ / swgr	
8.7.6*	1,65	qh	U; t3,lag(gl)/ / gr	
8.7.7	2,00	qh	T; u4,s2/ dkblgr	
8.8.1	0,30	qh	fS; u2,h2/ dkbn	
8.8.2*	0,80	qh	fS; u3/ / bn	
8.8.3	1,00	qh	U; fs4/ grbn	
8.8.4*	1,30	qh	U; fs2,t2/ gr	
8.8.5	1,50	qh	U; t3,h1/ swgr	
8.8.6	2,00	qh	T; u4,s3/ / grbl	
8.9.1	0,40	qh	fS; u2,h2/ dkbn	
8.9.2*	0,80	qh	fS; u3/ / bn	
8.9.3	1,10	qh	U; fs3/ grbn	
8.9.4	1,65	qh	U; fs2,t2/ gr	
8.9.5	2,00	qh	T; u4,fs2/ swgr	
9.1.1	0,40	qh	fS; u2,h2/ grbn	
9.1.2	0,80	qh	fS; u3/ / dkbn	
9.1.3	1,10	qh	U; fs4/ grbn	
9.1.4	1,60	qh	U; fs2,t2/ gr	
9.1.5	2,00	qh	U; t4,fs2/ blgr	
9.2.1	0,40	qh	fS; u2,h2/ dkbn	
9.2.2*	0,80	qh	fS; u3/ / bn	
9.2.3	1,20	qh	U; fs4/ dkbn	
9.2.4	1,70	qh	U; t3,fs3/ gr	
9.2.5	2,00	qh	T; u4,fs3/ dkgr	
9.3.1	0,40	qh	fS; u2,h2/ dkbn	
9.3.2	0,70	qh	fS; u3/ / bn	
9.3.3*	1,05	qh	U; fs4/ dkbn	
9.3.4*	1,60	qh	U; fs2,t3,lag(h)/ / dkbn	
9.3.5	2,00	qh	U; t3,lag(gS,fg)/ gr	
9.4.1	0,40	qh	fS; u2,h2/ dkbn	
9.4.2	0,70	qh	fS; u3/ / dkrstbn	
9.4.3	1,00	qh	U; fs4/ grbn	
9.4.4	1,50	qh	U; fs2,t3/ gr	
9.4.5	2,00	qh	S; u4/ hbn	
9.5.1	0,30	qh	fS; u1,h1/ dkbn	kocon
9.5.2*	0,70	qh	fS; u3/ / dkbn	
9.5.3	1,00	qh	U; fs3/ grbn	
9.5.4	1,40	qh	U; fs2,t3/ dkgr	
9.5.5	2,00	qh	T; u4/ blgr	
9.6.1	0,30	qh	fS; u2,h2/ dkbn	
9.6.2*	0,80	qh	fS; u3/ / dkbn	
9.6.3	1,00	qh	U; fs4/ grbn	
9.6.4	1,45	qh	U; fs2,t3,lag(h)/ swgr	
9.6.5	2,00	qh	U; t4,fs3/ dkgr	
9.7.1	0,30	qh	fS; u2,h2/ dkbn	
9.7.2*	0,70	qh	fS; u2/ / bn	
9.7.3	1,00	qh	U; fs4/ swbn	
9.7.4*	1,50	qh	U; fs2/ gr	

Untersuchungsgebiet Heiningen Wald (HW)				
Bezeichnung	Teufe (m)	Stratigraphie	Petrogr./Genese/Farben/Formenelemente und Zusatzzeichen	Bemerkung
9.7.5*	1,70	qh	T; lag(gS,fg)/ / gr	
9.7.6	2,00	qh	S; lag(fg)/ dkgr	
9.8.1	0,35	qh	fS; u2,h2/ dkbn	
9.8.2*	0,70	qh	fS; u3/ / dkbn	
9.8.3	1,00	qh	U; fs4/ grbn	
9.8.4	1,30	qh	U; f2,t2/ gr	
9.8.5*	1,40	qh	S; lag(fg)/ / gr	
9.8.6	2,00	qh	U; t4/ blgr	
9.9.1	0,40	qh	fS; u2,h2/ dkbn	
9.9.2*	0,70	qh	fS; u3/ / bn	
9.9.3	1,00	qh	U; fs4/ dkbn	
9.9.4	1,25	qh	U; fs2,t2/ gr	
9.9.5*	1,35	qh	U; lag(h)/ / dkrstbn	
9.9.6	2,00	qh	T; fs2/ dkgr	

Untersuchungsgebiet Vienenburg Acker (VA)				
Bezeichnung	Teufe (m)	Stratigraphie	Petrogr./Genese/Farben/Formenelemente und Zusatzzeichen	Bemerkung
1.1.1	0,40	qh	fS; u3,h1/ / dkbn	
1.1.2*	0,70	qh	U; fs4/ bn	
1.1.3	1,00	qh	U; f2,fg1/ dkbn	
1.2.1	0,30	qh	fS; u2/ / dkbn	
1.2.2*	0,70	qh	U; fs4,fg2/ bn	
1.2.3	1,00	qh	U; fs2/ grbn	
1.3.1	0,40	qh	fS; u4/ / dkbn	
1.3.2*	0,90	qh	U; fs3,t1/ bn	
1.3.3	1,00	qh	U; t3,fs3/ gr	
1.4.1	0,40	qh	fS; u2/ / dkbn	
1.4.2*	0,80	qh	U; fs2/ bn	
1.4.3	1,00	qh	U; t2,fs3/ gr	
1.5.1	0,30	qh	fS; u2/ / dkbn	
1.5.2*	0,75	qh	U; fs3,fg1/ bn	
1.5.3	1,00	qh	U; fs2,lag(gS)/ gr	
1.6.1	0,40	qh	fS; u3/ / bn	
1.6.2*	0,70	qh	fS; u4/ bn	
1.6.3	1,00	qh	U; fs2,lag(gS)/ gr	
1.7.1	0,30	qh	fS; u2/ / dkbn	
1.7.2*	0,60	qh	fS; u4/ bn	
1.7.3*	0,95	qh	U; fs4,lag(mS,fg)/ / grbn	
1.7.4	1,00	qh	U; fs1,t2/ dkgr	
1.8.1	0,30	qh	fS; u2/ / dkbn	
1.8.2*	0,80	qh	U; fs4/ grbn	
1.8.3	1,00	qh	U; fs2,lag(s)/ dkgr	
2.1.1	0,30	qh	fS; u3/ / dkbn	
2.1.2*	0,70	qh	fS; u4/ bn	
2.1.3	1,00	qh	U; fs2,lag(ms,gs)/ gr	
2.2.1	0,30	qh	fS; u2/ / dkbn	
2.2.2*	0,80	qh	fS; u3,fg1/ bn	
2.2.3	1,00	qh	S; ms,gs/ gr	
2.3.1	0,30	qh	fS; u2/ / dkbn	
2.3.2*	0,80	qh	U; fs4/ bn	
2.3.3	1,00	qh	U; fs2,t1/ gr	
2.4.1	0,30	qh	fS; u2/ / dkbn	
2.4.2*	0,80	qh	U; fs4/ bn	
2.4.3	1,00	qh	U; fs2,t2/ gr	
2.5.1	0,30	qh	fS; u2/ / dkbn	
2.5.2*	0,80	qh	fS; u4/ bn	
2.5.3	1,00	qh	U; fs3,t1/ gr	
2.6.1	0,30	qh	fS; u2/ / dkbn	
2.6.2*	0,80	qh	U; fs4/ bn	
2.6.3	1,00	qh	U; fs2,t2/ gr	
2.7.1	0,30	qh	fS; u2/ / dkbn	
2.7.2*	0,80	qh	U; fs4/ bn	
2.7.3	1,00	qh	U; t3/ dkgr	

Untersuchungsgebiet Vienenburg Acker (VA)				
Bezeichnung	Teufe (m)	Stratigraphie	Petrogr./Genese/Farben/Formenelemente und Zusatzzeichen	Bemerkung
2.8.1	0,30	qh	fS; u2/ / dkbn	
2.8.2*	0,40	qh	fS; lag(fg,x)/ / bn	
2.8.3*	0,80	qh	U; fs3/ dkbn	
2.8.4	1,00	qh	U; t2,fs2/ gr	
3.1.1	0,35	qh	fS; u2/ / dkbn	
3.1.2*	0,80	qh	U; fs4/ bn	
3.1.3	1,00	qh	U; fs2,t1/ gr	
3.2.1	0,30	qh	fS; u3/ / dkbn	
3.2.2*	0,80	qh	U; fs4/ bn	
3.2.3	1,00	qh	U; fs2/ gr	
3.3.1	0,40	qh	fS; u2/ / dkbn	
3.3.2*	0,80	qh	fS; u4/ bn	
3.3.3	1,00	qh	U; fs2,t1/ gr	
3.4.1	0,30	qh	fS; u1/ / dkbn	
3.4.2*	0,70	qh	fS; u4/ bn	
3.4.3	1,00	qh	U; fs3/ gr	
3.5.1	0,30	qh	fS; u2/ / dkbn	
3.5.2*	0,70	qh	U; fs4/ bn	
3.5.3	1,00	qh	U; fs2,t2/ dkgr	
3.6.1	0,40	qh	fS; u2/ / dkbn	
3.6.2	0,80	qh	U; fs2,fg1/ gr	kv,gw
3.7.1	0,40	qh	fS; u2/ / dkbn	
3.7.2*	0,80	qh	fS; u4/ bn	
3.7.3	1,00	qh	U; fs3/ gr	
3.8.1	0,20	qh	fS; u3/ / dkbn	
3.8.2*	0,70	qh	U; fs3/ bn	
3.8.3	1,00	qh	U; fs2,t1/ gr	
4.1.1	0,40	qh	fS; u1/ / dkbn	
4.1.2*	0,80	qh	fS; u4/ bn	
4.1.3	1,00	qh	U; fs3/ gr	
4.2.1	0,40	qh	fS; u2/ / dkbn	
4.2.2	0,80	qh	S; ms,gs,fg/ gr	
4.3.1	0,40	qh	fS; u2/ / dkbn	
4.3.2*	0,80	qh	U; fs4/ bn	
4.3.3	1,00	qh	S; u2,t2/ gr	
4.4.1	0,30	qh	fS; u1/ / dkbn	
4.4.2*	0,60	qh	fS; u3/ bn	
4.4.3*	0,90	qh	U; fs,ms,fg/ / dkbn	
4.4.4	1,00	qh	U; fs2/ gr	
4.5.1	0,30	qh	fS; u2/ / dkbn	
4.5.2*	0,70	qh	fS; u3/ bn	
4.5.3	1,00	qh	U; t2,fs2/ gr	
4.6.1	0,30	qh	fS; u2/ / dkbn	
4.6.2*	0,60	qh	U; fs4/ bn	
4.6.3	1,00	qh	U; fs2,t1/ gr	
4.7.1	0,40	qh	fS; u2/ / dkbn	
4.7.2*	0,70	qh	U; fs4/ bn	
4.7.3	1,00	qh	U; fs2,t1/ gr	
4.8.1	0,40	qh	fS; u3/ / dkbn	
4.8.2	0,80	qh	U; fs3/ gr	kv,gw

Untersuchungsgebiet Vienenburg Grünland (VG)				
Bezeichnung	Teufe (m)	Stratigraphie	Petrogr./Genese/Farben/Formenelemente und Zusatzzeichen	Bemerkung
1.1.1	0,90	qh	fS; u2,fg2/ / grbn	
1.1.2	1,00	qh	U; lag(fg)/ dkgr	
1.2.1	0,30	qh	fS; u2/ / gr	
1.2.2*	0,75	qh	U; fs4/ grbn	
1.2.3	1,00	qh	U; fs2,fg1/ swgrbn	
1.3.1	0,30	qh	fS; u3/ / grbn	
1.3.2*	0,70	qh	U; fs2/ bn	
1.3.3	0,85	qh	S; u2,fg1/ gr	
1.4.1	0,40	qh	fS; u3/ / bn	
1.4.2	0,70	qh	gS; gg,fg/ gr	

Untersuchungsgebiet Vienenburg Grünland (VG)				
Bezeichnung	Teufe (m)	Stratigraphie	Petrogr./Genese/Farben/Formenelemente und Zusatzzeichen	Bemerkung
1.5.1	0,40	qh	fS; u2/ / dkbn	
1.5.2*	0,75	qh	U; fs2,t1/ bn	
1.5.3	1,00	qh	U; fs2,t3/ gr	
1.6.1	0,30	qh	fS; u2/ / dkbn	
1.6.2*	0,60	qh	fS; u3/ bn	
1.6.3	1,00	qh	U; fs4/ gr	
1.7.1	0,40	qh	fS; u2/ / dkbn	
1.7.2*	0,80	qh	fS; u2,fg2/ grbn	
1.7.3	1,00	qh	U; fs3,fg1,lag(h)/ dkgr	gw
1.8.1	0,35	qh	fS; u2/ / dkbn	
1.8.2*	0,70	qh	fS; u4/ bn	
1.8.3*	0,85	qh	U; fg3,lag(h)/ / grbn	
1.8.4	1,00	qh	fG; gS2/ gr	
1.9.1	0,40	qh	fS; u2/ / dkbn	
1.9.2*	0,80	qh	U; fs4/ bn	
1.9.3	1,00	qh	U; t3/ gr	
2.2.1	0,35	qh	fS; u2/ / grbn	
2.2.2*	0,70	qh	fS; u4/ bn	
2.2.3	1,00	qh	U; fs4/ grbn	
2.3.1	0,30	qh	fS; u2,fg2/ / grbn	
2.3.2*	0,80	qh	fS; u4/ dkbn	
2.3.3	1,00	qh	U; fs3,lag(h)/ swbn	gl
2.4.1	0,30	qh	fS; u2/ / grbn	
2.4.2*	0,90	qh	fS; u4/ bn	
2.4.3	1,00	qh	U; t2,h1/ swgr	gl
2.5.1	0,30	qh	fS; u2/ / grbn	
2.5.2*	0,80	qh	U; fs1/ bn	
2.5.3	1,00	qh	U; fs1,t2/ swgr	gl
2.6.1	0,40	qh	fS; u2/ / grbn	
2.6.2*	0,80	qh	fS; u2,fg1/ bn	
2.6.3	1,00	qh	fS; gs2,u3/ gr	
2.7.1	0,40	qh	fS; u2/ / dkbn	
2.7.2*	0,80	qh	fS; u3,fg2/ bn	
2.7.3	1,00	qh	fS; gs2,fg2/ gr	
2.8.1	0,30	qh	fS; u2/ / dkbn	
2.8.2*	0,80	qh	U; fs4/ bn	
2.8.3	1,00	qh	U; t3/ gr	
2.9.1	0,30	qh	fS; u2,fg1/ / dkbn	
2.9.2*	0,85	qh	U; fs3/ bn	
2.9.3	1,00	qh	U; t2/ gr	
3.1.1	0,30	qh	fS; u2/ / grbn	
3.1.2*	0,70	qh	fS; u4,h1/ bn	
3.1.3*	0,90	qh	fG; s/ / bn	
3.1.4	1,00	qh	U; fs2,t2/ grbn	
3.2.1	0,30	qh	fS; u2/ / grbn	
3.2.2*	0,60	qh	fS; u4,t1/ bn	
3.2.3*	0,90	qh	U; fs2,t1/ / hbn	
3.2.4	1,00	qh	mS; fs4,fg2/ grbn	
3.3.1	0,30	qh	fS; u2/ / dkbn	
3.3.2	0,70	qh	U; fs2,t2,x1/ grbn	gw,gr
3.4.1	0,40	qh	fS; u3/ / bn	
3.4.2*	0,70	qh	fS; u3,t2/ bn	kocon
3.4.3	1,00	qh	U; t3,x1/ grbn	qz
3.5.1	0,30	qh	fS; u2/ / bn	
3.5.2*	0,70	qh	fS; u4/ dkbn	
3.5.3	1,00	qh	U; fs3/ grbn	gl
3.6.1	0,40	qh	fS; u2/ / bn	
3.6.2*	0,75	qh	fS; u4/ dkbn	
3.6.3	1,00	qh	U; t3,lag(gs)/ gr	
3.7.1	0,30	qh	fS; u2/ / bn	
3.7.2*	0,60	qh	fS; u4/ bn	
3.7.3	1,00	qh	U; fs3,lag(fg,mg)/ dkgr	
3.8.1	0,30	qh	fS; u2/ / bn	
3.8.2*	0,60	qh	fS; u4/ bn	
3.8.3*	0,80	qh	gS; fg3/ / gr	

Untersuchungsgebiet Vienenburg Grünland (VG)				
Bezeichnung	Teufe (m)	Stratigraphie	Petrogr./Genese/Farben/Formenelemente und Zusatzzeichen	Bemerkung
3.8.4	1,00	qh	U; t4,fs3,gs2/ grbn	
4.1.1	0,30	qh	fS; u2/ / bn	
4.1.2*	0,70	qh	fS; u4/ bn	
4.1.3	1,00	qh	U; fs2,t2/ grbn	
4.2.1	0,30	qh	fS; u2/ / bn	
4.2.2	1,00	qh	U; fs3,t1/ grbn	
4.3.1	0,30	qh	fS; u2/ / bn	
4.3.2*	0,60	qh	fS; u4/ dkbn	
4.3.3	1,00	qh	U; gg2,x1/ grbn	
4.4.1	0,30	qh	fS; u2/ / bn	
4.4.2*	0,60	qh	fS; u3/ dkbn	
4.4.3	1,00	qh	U; fs2,fg1/ grbn	
4.5.1	0,30	qh	fS; u2/ / bn	
4.5.2*	0,70	qh	fS; u3,t1/ bn	
4.5.3	1,00	qh	U; t2/ grbn	
4.6.1	0,30	qh	fS; u2/ / bn	
4.6.2*	0,75	qh	fS; u4/ dkbn	
4.6.3	1,00	qh	U; t3/ grbn	
4.7.1	0,30	qh	fS; u2/ / bn	
4.7.2*	0,70	qh	fS; u4/ bn	
4.7.3	1,00	qh	U; fs2,t2/ grbn	pb
4.8.1	0,30	qh	fS; u2/ / bn	
4.8.1*	0,75	qh	fS; u4/ dkbn	
4.8.3	1,00	qh	U; fs2,t2/ grbn	gl
5.1.1	0,30	qh	fS; u2/ / bn	
5.1.2*	0,90	qh	U; fs3,fg1/ hbn	
5.1.3	1,00	qh	U; fs2,t2/ grbn	fl
5.2.1	0,40	qh	fS; u3/ / hbn	
5.2.2*	0,80	qh	U; fs3/ hbn	
5.2.3	1,00	qh	U; fs2,t2/ bn	
5.3.1	0,30	qh	fS; u4/ / hbn	
5.3.2*	0,70	qh	U; fs2,fg2/ bn	
5.3.3	1,00	qh	U; t3,fg2/ grbn	
5.4.1	0,30	qh	fS; u3/ / hbn	
5.4.2	0,70	qh	U; fs3,t2,fg2/ grbn	qz,gl,ko
5.5.1	0,40	qh	fS; u3/ / hbn	
5.5.2*	0,70	qh	U; fs3/ bn	
5.5.3	1,00	qh	U; fs,t2/ grbn	
5.6.1	0,30	qh	fS; u2/ / dkbn	
5.6.2*	0,70	qh	fS; u4/ dkbn	
5.6.3	1,00	qh	U; fs3,fg1/ grbn	
5.7.1	0,30	qh	fS; u2/ / bn	
5.7.2*	0,70	qh	fS; u4/ dkbn	
5.7.3	1,00	qh	U; t3,fg2/ grbn	
5.8.1	0,30	qh	fS; u2/ / bn	
5.8.2*	0,70	qh	fS; u3/ dkbn	
5.8.3	1,00	qh	U; t2,fs2/ grbn	

Untersuchungsgebiet Vienenburg Wald (VW)				
Bezeichnung	Teufe (m)	Stratigraphie	Petrogr./Genese/Farben/Formenelemente und Zusatzzeichen	Bemerkung
1.1.1	0,25	qh	fS; u2,h2/ grbn	
1.1.2	0,50	qh	fS; u4,h1,fg2/ swbn	
1.2.1	0,20	qh	fS; u2,h2/ grbn	
1.2.2	0,70	qh	mS; fs3,fg2,gg1/ swbn	
1.3.1	0,20	qh	fS; u2,h2/ grbn	
1.3.2	0,40	qh	fS; u4/ dkbn	m
2.1.1	0,20	qh	fS; ms2,fg1,h2/ dkbn	
2.1.2	0,60	qh	fS; u2,ms2,fg2/ dkgr	
2.2.1	0,20	qh	fS; ms2,fg1,h2/ dkbn	
2.2.2	0,50	qh	fS; u2,fg2/ dkbn	
2.3.1	0,30	qh	fS; u2,h2/ dkbn	
2.3.2	0,50	qh	fS; u3,fg2/ swbn	
3.1.1	0,20	qh	fS; ms2,h2/ dkbn	

Untersuchungsgebiet Vienenburg Wald (VW)				
Bezeichnung	Teufe (m)	Stratigraphie	Petrogr./Genese/Farben/Formenelemente und Zusatzzeichen	Bemerkung
3.1.2	0,50	qh	fS; gs2,u2/ swbn	
3.2.1	0,20	qh	fS; m2,h1/ dkbn	
3.2.2	0,60	qh	fS; ms2,u2/ I()M/ grbn	
4.1.1	0,20	qh	fS; u1,h3/ dkbn	
4.1.2	0,65	qh	fS; ms3,gs2,fg2/ grbn	
4.2.1	0,25	qh	fS; u2,h2/ dkbn	
4.2.2	0,65	qh	fS; ms2,fg2/ swbn	
4.3.1	0,15	qh	fS; ms2,h2/ dkbn	
4.3.2	0,50	qh	fS; u2,t1/ grbn	
5.1.1	0,20	qh	fS; u2,h3/ dkbn	
5.1.2	0,45	qh	fS; ms2,fg2/ grbn	
5.2.1	0,10	qh	fS; u2,h1/ dkbn	
5.2.2	0,35	qh	fS; ms1,mg2/ grbn	
5.3.1	0,15	qh	fS; ms2,u1,h2/ dkbn	
5.3.2	0,50	qh	fS; ms3/ grbn	
5.4.1	0,10	qh	fS; u2,h2/ dkbn	
5.4.2	0,60	qh	fS; u4,t1/ grbn	
6.1.1	0,25	qh	fS; u2,h1/ dkbn	
6.1.2	0,65	qh	fS; ms1,fg3/ gr	
6.2.1	0,15	qh	fS; ms1,u2,h2/ dkbn	
6.2.2	0,65	qh	fS; u3/ grbn	
6.3.1	0,10	qh	fS; u2,h1/ dkbn	
6.3.2	0,40	qh	fS; ms2,fg1/ grbn	
7.1.1	0,20	qh	fS; u2,h2/ dkbn	
7.1.2*	0,30	qh	fS; lag(x)/ / dkbn	
7.1.3	0,60	qh	U; fs4/ grbn	
7.2.1	0,15	qh	fS; u1,h2/ dkbn	
7.2.2	0,50	qh	fS; u2,fg2,gg1/ grbn	
7.3.1	0,20	qh	fS; u3,h2/ dkbn	
7.3.2	0,60	qh	U; fs4/ grbn	
8.2.1	0,20	qh	fS; u2,h2/ dkbn	
8.2.2	0,40	qh	fS; u4/ grbn	
8.3.1	0,20	qh	fS; u1,h2/ dkbn	
8.3.2	0,60	qh	fS; u3/ grbn	
9.1.1	0,20	qh	fS; u1,h3/ dkbn	
9.1.2	0,50	qh	fS; u3/ swbn	
9.2.1	0,20	qh	fS; u2,h2/ dkbn	
9.2.2	0,60	qh	fS; u3/ grbn	